



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS HUMANAS,  
SOCIAIS E DA NATUREZA – PPGEN

PATRÍCIA BENETI DE OLIVEIRA

**UNIDADE DIDÁTICA: ENTRE O MAIS E O MENOS**

PRODUTO EDUCACIONAL

LONDRINA  
2016

PATRÍCIA BENETI DE OLIVEIRA

## **UNIDADE DIDÁTICA: ENTRE O MAIS E O MENOS**

Produto Educacional apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino do Programa de Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alcides Goya

LONDRINA  
2016

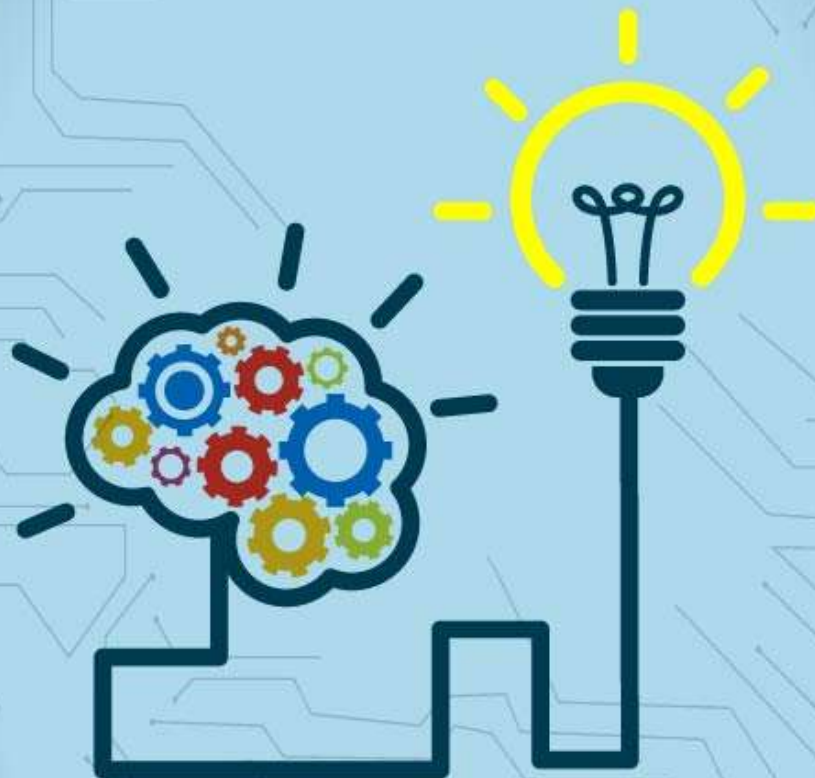
## TERMO DE LICENCIAMENTO

Este Produto Educacional está licenciado sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.



**UNIDADE  
DIDÁTICA**

**ENTRE O  E O **



**PATRÍCIA BENETI DE OLIVEIRA**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CAMPUS LONDRINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS-HUMANAS, SOCIAIS E DA NATUREZA-PPGEN

LONDRINA-PR  
2016

# CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA TRABALHADOS A PARTIR DA TEORIA DE MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES

*Patrícia Beneti de Oliveira*

*Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Sociais, Humanas e da Natureza, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina. Contato: patriciabenedi@yahoo.com.br*

*Alcides Goya*

*Doutor em Física pela Universidade Federal de Brasília; Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Sociais, Humanas e da Natureza, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina. Contato: alcidesgoya@hotmail.com*

## INTRODUÇÃO

O conceito de eletricidade está associado ao cotidiano do aluno, pois qualquer equipamento eletroeletrônico que ele queira utilizar (celular, *notebook*, *tablete*, computador, televisão, etc.) necessita de energia elétrica. Desta forma, é importante fazer uso dos conceitos de física, relacionados a Eletrodinâmica, em sala de aula de forma não fragmentada, ou seja, apresentá-lo de forma integrada articulando novas informações com conhecimentos anteriores e, sempre que possível aplicado ao cotidiano do aluno.

Para esta sequência didática partimos do princípio de ter três momentos de aula, problematizando cada momento com questionamentos sobre os conceitos de Eletrodinâmica. Isto baseado na estratégia POE (predizer, observar, explicar), proposto por White e Gunstone (1992) e Tao e Gustone (1999), sendo o primeiro momento utilizado para instigar o aluno sobre o assunto, para desenvolver sua curiosidade, sobre os tipos de circuitos, serão questionamentos iniciais como por exemplo: O que faz com que uma lâmpada acenda? A partir das demonstrações de diversas configurações de circuitos no painel elétrico.

O segundo momento, serão apresentados os conteúdos teóricos sobre eletrodinâmica, entre eles: corrente, resistência, tensão e potência elétrica, lei de Ohm, assim como as associações de resistores, destacando as principais características de cada uma dessas associações em sala de aula, ou seja, utilizando-se de multimodos e múltiplas representações; esta entendida como a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas e, aquele como a forma de integração no discurso para representar os raciocínios e as explicações científicas (PRAIN e WALDRIP, 2006; LABURÚ et al, 2011).

O terceiro momento a interação de forma consciente, através da simulação, os tipos de circuitos e principalmente a atuação dos conceitos de Eletrodinâmica proposta em uma série de roteiros com demonstrações experimentais a serem executados juntamente com o uso do aplicativo de simulação Kit de Circuito DC, desenvolvido pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET), da Universidade do Colorado, disponível em <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc)>.

Sobre o uso de simulação, Brockington e Pietrocola (2003, p. 4) apontam a utilização deste recurso como sendo uma simulação “capaz de traduzir o que é ‘impossível’ de ser feito por palavras [...] as simulações são capazes de fazer a mediação entre o pensar e colocar o pensamento em ação”.

Hoje a simulação é valorizada como a mais importante das tecnologias na aprendizagem científica, pois trabalha com problemas complexos sendo necessário desenvolver a imaginação e a criatividade (SANMARTI, 2002). A possibilidade de programas diferentes possibilita diversificar as atividades e dar respostas às necessidades distintas dos alunos, sendo situações como estas que levam o professor a perceber a grande necessidade do uso de diferentes estratégias pedagógicas que desafiem o aluno na formação de um conhecimento significativo, entre elas a inserção de recursos didáticos que correlacionem simuladores e a aplicação de conteúdo de eletricidade.

## 1.1 OBJETIVOS GERAIS

Compreender os conceitos físicos da eletrodinâmica por meio de um ambiente instrucional de ensino de ciências centrado em multimodos e múltiplas representações da temática.

## 2 CONTEÚDO DA UNIDADE DIDÁTICA

O estudo da eletrodinâmica apresenta conceitos abstratos e de difícil compreensão, tais como: campo elétrico, corrente, tensão, d.d.p. (diferença de potencial), entre outros. Alguns questionamentos devem ser feitos a fim de problematizar o uso e aplicações da energia elétrica: como entender o conceito de energia elétrica? Como são interligados os equipamentos de uso diário em uma residência, de modo que todos desenvolvam com eficiência o seu funcionamento? Será que é possível interligar todos os equipamentos ao mesmo tempo de uma residência, e todos funcionarem adequadamente? Como, qual o tipo de circuito utilizado? O que faz com que uma lâmpada acenda? Por que ao se encontrar em baixo do chuveiro, no banho (em condições de temperatura ambiente) não levamos choque?

Nesta sequência de aulas será apresentado o estudo dos conceitos abordados em eletrodinâmica (corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica, potência elétrica) e sua atuação envolvendo aplicações práticas em laboratório e simulação, pois uma das formas de estudar estes conceitos é visualizando-os. Para isto serão abordados momentos de aula, problematizações a respeito de cada conceito e seu comportamento em circuitos elétricos.

Tal proposta consiste em apresentar algumas atividades da disciplina de Princípios de Eletricidade para estudantes do 2º ano do Ensino Superior em Engenharia na perspectiva do uso de multimodos com a intenção de realizar uma abordagem partindo de situações cotidianas do aluno, como a ligação de lâmpadas em sua residência, sendo oferecidas diversas possibilidades metodológicas para o professor desenvolver suas aulas.

Para iniciar as indagações sobre circuitos elétricos com os alunos, é utilizado um material que pode ser encontrado facilmente nas lojas de materiais elétricos. A montagem do material deverá proporcionar ligações em série, paralelo e misto.

### **Lista de material:**

- Placa de MDF - 55 cm x 30 cm (material reciclado) \*obs: pode ser realizada a compra de uma folha de eucatex, a preferência foi por economia ao utilizar a placa de MDF e também porque a mesma apresenta uma isolação em verniz.
- 5 tomadas externas
- plugs machos
- 1 lâmpada incandescente 7W (material reciclado)
- Lâmpadas incandescentes de 40W

- 1 lâmpada incandescente de 60W
- Bocais com tomada macho
- 1 interruptor externo
- Fio 1,5 mm<sup>2</sup>

A figura 1 demonstra a placa do painel elétrico montada, e os materiais que serão utilizados para a montagem dos diversos tipos de circuitos.



**Figura 1:** Materiais para construção e aplicação do painel elétrico

## **ESTRUTURA DAS AULAS**

### **AULA 01 E 02 - Conceitos da Eletrodinâmica aplicado ao circuito série.**

#### **CONTEÚDOS**

- Diferença de Potencial (d.d.p)
- Circuito Divisor de Tensão
- Conceitos da Eletrodinâmica (corrente, resistência, tensão e potência elétrica)

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar um divisor de tensão
- Constatar o direcionamento da corrente em um circuito elétrico
- Compreender a variação do brilho da lâmpada, em função do aumento da resistência.
- Mostrar que a ocorrência dos conceitos aplicados ao circuito elétrico pode ser demonstrada matematicamente por meio da Lei de Ohm.
- Compreender o conceito de curto-circuito e circuito aberto.



## METODOLOGIAS E ESTRATÉGIAS

O professor poderá iniciar a aula informando aos alunos que os conceitos de eletrodinâmica a serem estudados estão presentes no dia a dia e é demonstrado ao ligar uma luz, uma televisão, um *notebook*, um celular, entre outros equipamentos. Também poderá argumentar aos alunos o que faz com que a lâmpada acenda? Anotar os itens citados no quadro e discutir com os alunos a respeito de como, por exemplo, podem surgir na discussão os itens: interruptor, energia, fio e entre outros.

Após a anotação o professor poderá fazer uso dos itens citados para exemplificar os elementos anotados no quadro, e a partir, por exemplo, do interruptor indicar o mesmo no circuito e demonstrar que a função de interruptor faz com que o circuito ligue ou desligue, pensando significativamente no conceito o interruptor irá apresentar-se no circuito como curto-circuito e circuito aberto, respectivamente.

Além da compreensão do circuito elétrico, a contextualização dos conceitos de corrente, resistência, tensão e potência elétrica serão trabalhadas fazendo uso de contextos presentes no cotidiano do aluno, demonstrados principalmente pelo uso do painel elétrico em aula.

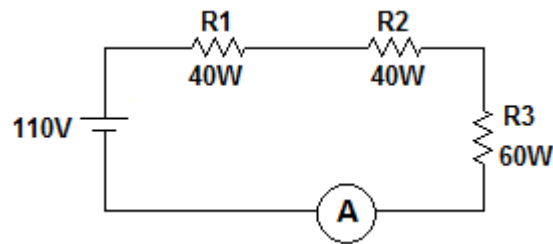
Sendo a energia elétrica uma forma de energia extremamente flexível, adaptada a prover uma grande e crescente gama de aplicações, consideramos ser relevante a conversa com os alunos sobre o que será estudado. No entanto, inicialmente não é preciso se preocupar com as respostas dos alunos. O que importa é que eles demonstrem interesse pela temática e participem das discussões.

Para efeitos de comparação nos demais circuitos a serem exemplificados para os alunos, deve-se fazer uso das mesmas lâmpadas de potências diferentes, alterando-se os tipos dos circuitos apresentados aos alunos.

Ao apresentar o circuito no painel elétrico, o professor poderá fazer uso de uma situação problema para iniciar os estudos de eletrodinâmica aplicada a circuitos elétricos em série.

*Situação Problema: o circuito elétrico em série apresenta-se com uma interligação contínua, onde a entrada de alimentação conecta-se a primeira lâmpada, a saída desta lâmpada conecta-se a entrada de energia de outra lâmpada. Por sua vez a saída da segunda lâmpada conecta-se a entrada da terceira lâmpada e a saída desta última conecta-se a saída da alimentação. Desta forma, dizemos que o circuito está interligado em linha ou em sequência. Para o circuito apresentado, qual lâmpada demonstrará o*

maior brilho? Por quê? Se por acaso uma das lâmpadas queimar o que acontecerá, ao circuito? Como a corrente se comporta neste circuito? E qual o seu valor nominal?



**Figura 2:** Representação Esquemática do Circuito em Série.

Fonte: Os autores.

Ao fazer uso de equipamentos presentes em sua residência, no seu dia a dia, o aluno não deflagra a física necessária para o funcionamento esperado como: mecânica (ao girar as hélices, pêndulo), elétrica (a corrente elétrica fornecida pela tomada), rendimento e trabalho (e suas perdas através do calor). Assim haverá a necessidade de trabalhar as grandezas elétricas e relacioná-las aos conceitos físicos e sua linguagem (representação matemática), a fim de que o aluno compreenda a aplicação prática do que é apresentado nas teorias e leis.

Desta arte, o aluno deverá fazer o uso de técnicas de análises providas de conhecimentos adquiridos nas disciplinas de física e matemática, a fim de identificar o melhor caminho a percorrer para resolver um problema. A partir dos estudos de circuitos elétricos, irá desaparecer a maneira de ter sempre uma “receita” para resolver o exercício, ou pensar sempre que esse tipo de problema será resolvido desta ou daquela forma. A disciplina Princípios de Eletricidade e Magnetismo exige do aluno a necessidade de comparação e verificação do que está sendo proposto pelo circuito, além da interpretação para desenvolver a resolução adequada a solicitação apresentada pelo circuito.

Na apresentação do circuito série figura 2 poderá ser explicado aos alunos que, a potência demonstrada pelo brilho de cada lâmpada, depende de sua resistência interna e conseqüentemente da queda de tensão sobre a mesma. Desta forma, pela observação prévia no painel elétrico é possível demonstrar ao aluno que no circuito em série as lâmpadas de maior potência nominal emitem menos luz, isto porque, sua resistência apresenta-se como a menor do circuito. Lembrar que outros circuitos com valores de lâmpadas diferentes devem ser propostos aos alunos, a fim de compreensão desta análise citada.

Em segundo momento de aula, realizar a definição dos conceitos como corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica e potência elétrica do circuito utilizando-se das expressões matemáticas e representações do circuito equivalente:

$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$  (para cálculo da resistência equivalente), utilizar-se da Lei de Ohm ( $V = R \times I$  e suas variações) onde é possível encontrar os valores de tensão, resistência e corrente elétrica; e Potência Elétrica ( $P = R \times I^2$  e suas variações).

Após abordar estes conceitos, sugerir aos alunos que utilizando estas equações apresentadas, desenvolvam o cálculo matemático e encontrem as grandezas questionadas inicialmente como: tensão elétrica, corrente elétrica apresentadas no circuito, e em cada valor de resistência respectivamente. Desta forma o entendimento técnico do circuito apresentado na figura 1, inicia-se com a determinação das resistências das lâmpadas:

Lâmpada de 40W:

$$R_1 = R_2 = 110^2 / 40 \approx 300 \Omega$$

Lâmpada de 60W:

$$R_3 = 110^2 / 60 \approx 200 \Omega$$

**Resistência Equivalente do Circuito em série:**

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 800 \Omega$$

**Corrente elétrica no circuito série:**

$$i = 110 / 800 \approx 138mA$$

**Potência dissipada em cada lâmpada:**

Lâmpadas  $R_1 = R_2$

$$P = R \times I^2 = 300 \cdot (138mA)^2 \approx 6W$$

Lâmpada  $R_3$

$$P = R \times I^2 = 200 \cdot (138mA)^2 \approx 4W$$

Propor aos alunos que discutam o porquê da lâmpada de maior potência apresentase com a menor resistência do circuito e não apresenta nenhuma luminosidade, como demonstrado no painel elétrico. Neste momento é importante retomar os conceitos de eletrodinâmica e circuito série.

Ressaltar, que devido ao circuito em série apresentar uma única corrente, por oferecer um único caminho a passagem desta corrente, sobre cada lâmpada ocorre uma queda de tensão. Desta forma, a tensão total de entrada se divide por todos os elementos conectados no circuito, assim cada lâmpada receberá uma parcela de tensão, dependendo do valor de sua resistência.

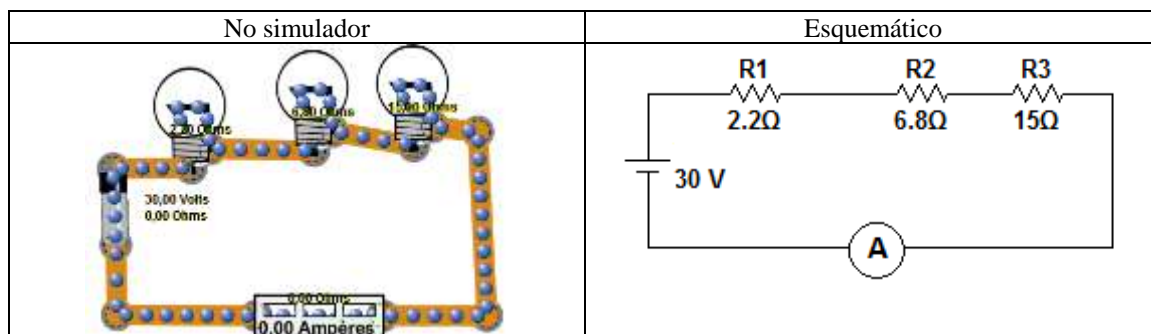
Apresentar o circuito também na forma de simulação, auxilia o aluno a visualizar diversos outras possibilidades de montagem dos circuitos, proporciona facilidade de

alteração dos valores de resistência de cada lâmpada e inserção do circuito aberto e curto circuito, sem nenhum risco à vida ao aluno. O uso da simulação é possível demonstrar ao aluno o sentido da corrente real, e o sentido convencional utilizado para desenvolver os cálculos na análise dos circuitos elétricos. Desta forma, como sugestão propomos os dois circuitos série abaixo, para demonstração na simulação.

É importante ressaltar para o aluno, que os circuitos apresentados possuem apenas elementos resistivos. Desta forma, utilizamos a lâmpada e o resistor, ambos apresentando como característica o impedimento da passagem da corrente.

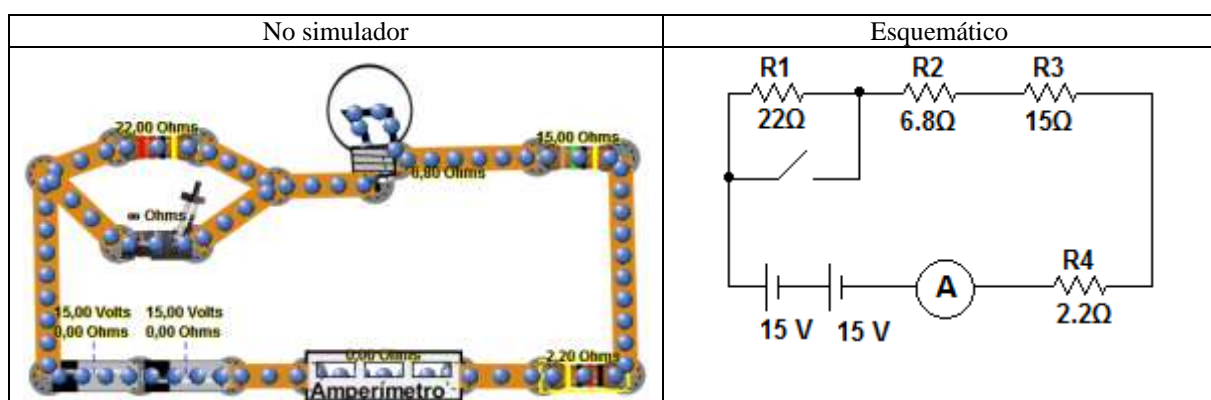
Observação: utilizamos no simulador os valores comerciais de resistores, pois o valor ôhmico traduz-se apenas até 100 ohms.

**Quadro 1:** Representação esquemática do circuito em série no simulador e esquemático



Fonte: Os autores.

**Quadro 2:** Representação esquemática do circuito em série no simulador e esquemático, com interligação de um curto-circuito em paralelo com uma das resistências.



Fonte: Os autores.

Ainda na simulação, fazendo uso do aplicativo Kit de Circuito DC, é possível alterar os valores de alimentação da fonte e, verificar como o circuito se comporta. A importância de se estudar circuitos elétricos e suas características, demonstra aos alunos uma nova

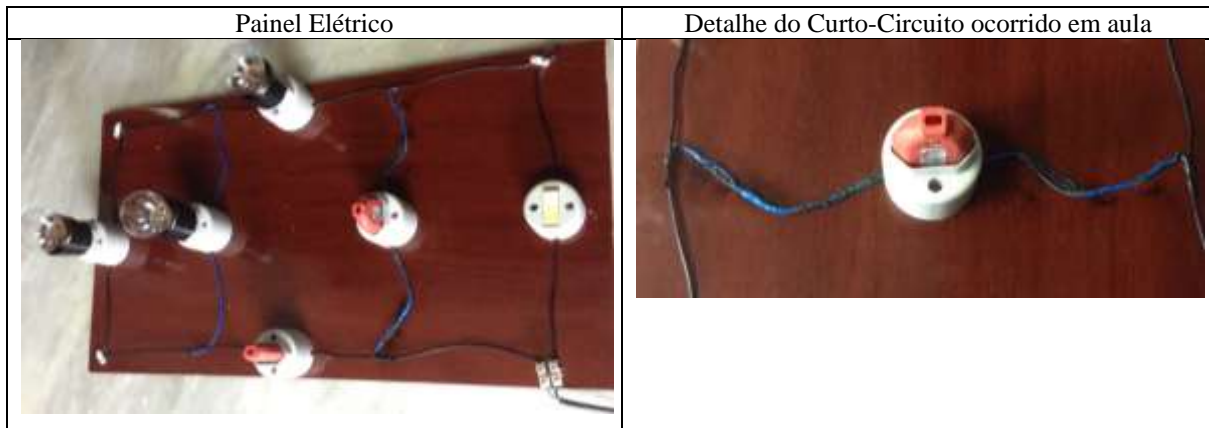
dimensão de estudo: que os problemas não possuem mais uma única forma de solução, mas sim a necessidade de interpretar e propor a cada problema diversas maneiras de resolução, todas elas corretas. Como no exemplo dos circuitos escolhidos para iniciar os estudos de Eletrodinâmica.

O quadro 02 demonstra o uso do interruptor, que apresenta resistência desprezível, interligado em paralelo com uma lâmpada que possui resistência. A partir desta demonstração, ao fechar o interruptor temos um ramo que apresenta um curto-circuito, por onde a corrente possui maior facilidade de passagem. Desta forma, demonstrar ao aluno que a corrente irá passar pelo caminho de menor resistência, ou seja, pelo caminho mais fácil que oferece menor impedimento à passagem dos elétrons.

É importante demonstrar ao aluno como a corrente se comporta neste momento no circuito, na apresentação do curto-circuito (representado pela tomada, que permite a passagem da corrente elétrica, sem oferecer resistência, de um lado a outro) e a apresentação de circuito aberto (ao retirar uma das tomadas que provocam o curto-circuito, o circuito permanece aberto).

Durante a aplicação do painel elétrico, realizamos a simulação de um curto-circuito a fim de demonstrar aos alunos o perigo causado por esse tipo de conexão. O quadro 03 demonstra o estado final do circuito após o ocorrido. Neste momento, comente sobre os perigos de um circuito mal dimensionado, do cuidado que se deve ter ao trabalhar com energia elétrica e o valor máximo de corrente que o corpo humano suporta em torno de 3mA, antes de sofrer qualquer tipo de anormalidade provocado pelo contato com a corrente elétrica. Comparar este valor máximo de corrente com o valor de corrente encontrado no circuito e salientar ao aluno a importância de extrema atenção ao trabalhar com eletricidade.

### Quadro 3: Painel elétrico e detalhe do curto-circuito



Fonte: Os autores.

Após a apresentação do circuito e questionamentos fazendo uso da placa de circuito e teoria, a sequência segue com a aplicação de um roteiro de simulação direcionado principalmente na demonstração de um circuito em série e questionamentos apresentados aos alunos sobre os conceitos de tensão, corrente, resistência, potência elétrica, curto-circuito e circuito aberto, de forma a demonstrar ao aluno, através da simulação, o comportamento real do circuito série.

## AULA 03 E 04: Conceitos da Eletrodinâmica aplicado ao circuito paralelo

### CONTEÚDOS

- Diferença de Potencial (d.d.p)
- Circuito Divisor de Corrente
- Conceitos da Eletrodinâmica (corrente, resistência, tensão e potência elétrica)

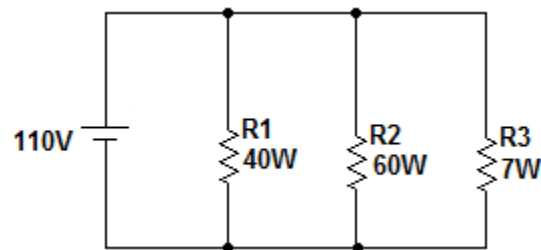
### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar um divisor de corrente
- Verificar que a diferença de potencial, em cada resistência interligada em paralelo, é o mesmo valor apresentado pela alimentação da fonte.
- A corrente total aumenta quando o valor de resistência equivalente diminui no circuito.
- A divisão da corrente apresentada no circuito paralelo depende dos valores ôhmicos de cada resistência.

### METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS

Inicialmente poderá ser demonstrado no painel elétrico a ligação em paralelo, que é mais comum ao cotidiano, ou seja, faz uso de seus conhecimentos empíricos que são apresentados na residência do aluno. Aqui pode-se comentar sobre a forma de dissipação do calor, ou seja, a potência elétrica ativa. Fazer uso de lâmpadas de potências diferentes, com a intenção de que os alunos percebam que lâmpadas com maior potência nominal demonstram maior eficiência, assim possuem maior intensidade luminosa, conforme demonstrado na figura 3.

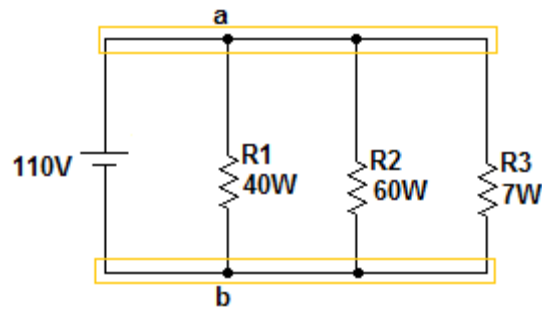
Ao questionar-se sobre a aplicação do circuito paralelo, um exemplo a ser abordado com os alunos é o uso deste circuito nas ligações elétricas de uma residência. Também é importante fazer uso do Painel de circuito elétrico em sala, a fim de instigar a curiosidade dos alunos a respeito deste circuito. As indagações poderão ser demonstradas, como introdução em momento oportuno de início dos estudos do circuito paralelo como: o que ocorre ao circuito para que todas as lâmpadas demonstrem brilho intenso? Qual o comportamento da corrente elétrica neste circuito?



**Figura 3:** Representação Esquemática do Circuito Paralelo

Deve-se demonstrar ao aluno, a importância e o porquê do uso do circuito em paralelo, o qual proporciona aos equipamentos a dissipação da potência total, pois recebem a mesma tensão fornecida pela fonte, desta forma é com este tipo de circuito elétrico que se obtêm um melhor rendimento dos aparelhos eletrônicos. Apresentar que ao retirar uma lâmpada conectada, não implica no desligamento das outras lâmpadas que permanecem funcionando corretamente. A partir destas observações, concluir o pensamento afirmando ao aluno que o tipo de circuito utilizado se equipara as ligações executadas em uma residência, ou seja, circuitos interligados em paralelo.

Caracteriza-se aqui um momento de discussão conceitual a respeito do circuito paralelo, principalmente na disposição dos elementos que compõe este circuito. Será importante uma diferenciação conceitual e lógica entre a aplicação do circuito paralelo e um circuito série. Boylestad (2012, p. 159) afirma “em geral, dois elementos, ramos ou resistores estão em paralelo se tiverem dois pontos em comum”



**Figura 4:** Demonstração do ponto comum de interligação no circuito paralelo

A caracterização do circuito paralelo dispõe-se de resistências (equipamentos) interligados diretamente do polo positivo ao polo negativo da fonte de alimentação, conforme podemos observar na figura 04, onde demonstramos com uma marcação os pontos comuns de interligação a e b entre as lâmpadas.

Desta forma, todas as resistências receberão a mesma tensão fornecida pela fonte de alimentação do circuito, apresentando uma diferença no rendimento do circuito quando comparado ao circuito série, ou seja, significa compreender que se obtém menor luminosidade quando as resistências estão dispostas ou associadas em série, pois a tensão se divide.

É importante demonstrar neste momento a expressão matemática de simplificação do circuito em paralelo para um circuito simples, pois quando interligamos as resistências em paralelo, a resistência equivalente final do circuito será menor que em série, desta forma a partir da divisão da corrente, as resistências apresentarão um maior rendimento.

Aqui relembrar aos alunos o cálculo realizado na aula anterior para descobrir os valores das resistências de cada lâmpada.

Lâmpada de 40W:

$$R_1 = 110^2 / 40 \approx 300 \Omega$$

Lâmpada de 60W:

$$R_2 = 110^2 / 60 \approx 200 \Omega$$

Lâmpada de 7W:

$$R_3 = 110^2 / 7 \approx 1700 \Omega$$

Após apresentar o cálculo da Resistência Equivalente do Circuito em paralelo:

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$ , desta forma para encontrar a resistência final do circuito da figura 2, aplicamos:



$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{300} + \frac{1}{200} + \frac{1}{1700}}$$

$$R_{eq} \approx 112 \Omega$$

Comentar com os alunos, que para o cálculo da resistência equivalente no paralelo é importante observar no circuito qual o valor da menor resistência, pois conforme afirma Boylestad (2012, p. 162) “se a menor resistência de uma combinação em paralelo é muito menor que a dos outros resistores em paralelo, a resistência total será muito próxima do menor valor de resistência”, é o que podemos observar no circuito apresentado, onde a resistência equivalente ficou muito próxima da resistência da lâmpada de 60W.

Para o cálculo de corrente, demonstrar aos alunos que como no circuito em paralelo temos um ramo para cada lâmpada, teremos que calcular a corrente para cada uma. É importante, informar aos alunos que a soma destas proporcionará a corrente total. Para a aplicação no circuito em questão temos:  $I_T = I_1 + I_2 + I_3$  ou  $I_T = V_T / R_{eq}$ .

Recordar aos alunos que temos pelo menos dois raciocínios que podem ser aplicados na resolução deste problema. Para esta sequência didática abordaremos com o aluno, a resolução partindo do entendimento de que cada lâmpada está interligada diretamente sobre a diferença de potencial fornecida pela fonte de energia, do polo positivo ao polo negativo. Desta forma, sobre cada lâmpada também é proporcionado a diferença de potencial fornecida pela fonte. Aplicando a Lei de Ohm, encontramos a corrente que passa em cada lâmpada:

#### **Cálculo de corrente para cada resistor**

Corrente em  $R_1$

$$I_1 = 110 / 300 \approx 367mA$$

Corrente em  $R_2$

$$I_2 = 110 / 200 = 550mA$$

Corrente em  $R_3$

$$I_3 = 110 / 1700 \approx 65mA$$

#### **Corrente elétrica total para o circuito em paralelo**

$$I_T = 110 / 112 \approx 982mA \text{ ou}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 982mA$$

Desta forma, pelas representações matemáticas, demonstrar para o aluno o circuito divisor de corrente. Questioná-los a respeito do valor de corrente para cada lâmpada e o porque da ocorrência desta divisão. Explicar que quanto menor a resistência, menor será o impedimento a passagem da corrente elétrica. Lembrar aos alunos que a corrente sempre irá buscar percorrer caminhos em que encontre maior facilidade, por isso a lâmpada de  $200 \Omega$  apresenta a maior corrente, conseqüentemente é a que dissipa maior potência elétrica, conforme a demonstração do entendimento técnico do circuito.

**Potência dissipada em cada lâmpada:**

Lâmpadas  $R_1$

$$P_1 = R \times I^2 = 300 \cdot (367mA)^2 \approx 40W$$

Lâmpadas  $R_2$

$$P_2 = R \times I^2 = 200 \cdot (550mA)^2 \approx 60W$$

Lâmpada  $R_3$

$$P_3 = R \times I^2 = 1700 \cdot (65mA)^2 \approx 7W$$

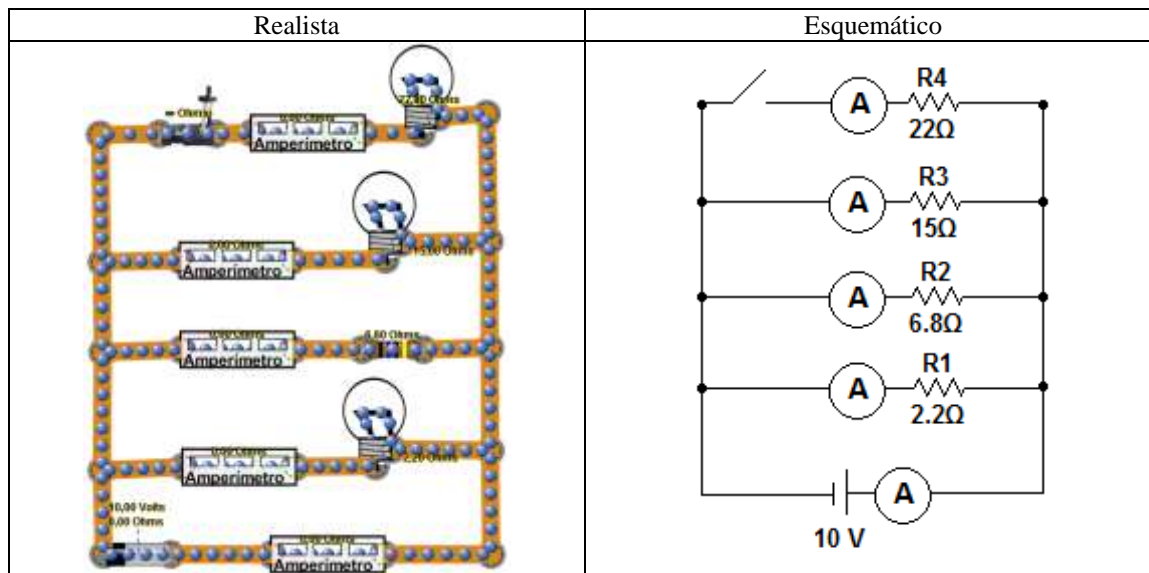
**Potência total para o circuito em paralelo:**

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 40 + 60 + 7 = 107W$$

Além disso, outra comprovação que devemos observar com o aluno é segundo Boylestad (2012, p.170) “em um circuito resistivo em paralelo, quanto maior o resistor, menor a potência absorvida”, questão que deve ser argumentada e discutida com os alunos no decorrer da análise do circuito em paralelo.

Para o momento de simulação, no Kit de Circuito DC foram apresentados os circuitos de forma realista e esquemática. Após foram feitas indagações em relatório disponibilizado por aluno, sobre a atuação dos conceitos de eletrodinâmica e também representações matemáticas com base no circuito apresentado no quadro 4.

**Quadro 4:** Representação esquemática aplicada na simulação do circuito paralelo



Fonte: Os autores.

Desta forma, inicialmente o aluno irá analisar o circuito inicial com a ligação de  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , principalmente quanto a divisão de corrente. Em segundo momento, o aluno irá fechar o interruptor e analisar o novo circuito resultante, recalculando todos os valores dos conceitos apresentados, principalmente corrente elétrica e resistência elétrica. Importante ressaltar ao aluno que o que ocorre na parte do circuito que se encontra em paralelo é o inverso do circuito série, ou seja, em série resistores adicionais de qualquer valor aumentam a resistência total. Lembrar que o valor dos resistores pode ser alterado em qualquer momento, proporcionando novas experiências aos alunos.

Neste momento, após a aula de simulação, seria interessante solicitar aos alunos a montagem no simulador de uma representação gráfica de um circuito misto com apresentação do curto-circuito. Ou seja, montar um circuito que permaneça misto, mesmo após a disposição de um ramo em curto-circuito (podendo ser apenas um fio, ou fazer uso de um interruptor fica a escolha do aluno), já os preparando para a próxima aula. O trabalho pode ser entregue via e-mail com um *print screen* de tela. Aqui é importante lembrar a aplicação da teoria de múltiplas representações.

## **AULA 05 E 06: Circuitos Misto**

### **CONTEÚDOS**

- Diferença de Potencial (d.d.p)
- Exemplos descritivos de circuitos em série e paralelo

- Conceitos da Eletrodinâmica (corrente, resistência, tensão e potência elétrica)

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Familiarizar-se com as características de um circuito série-paralelo
- Aprender a solucionar problemas relativos a tensão, corrente, resistência e potência de cada elemento individual ou de uma combinação de elementos
- Entender o impacto de circuitos abertos e curtos-circuitos no comportamento dos circuitos.

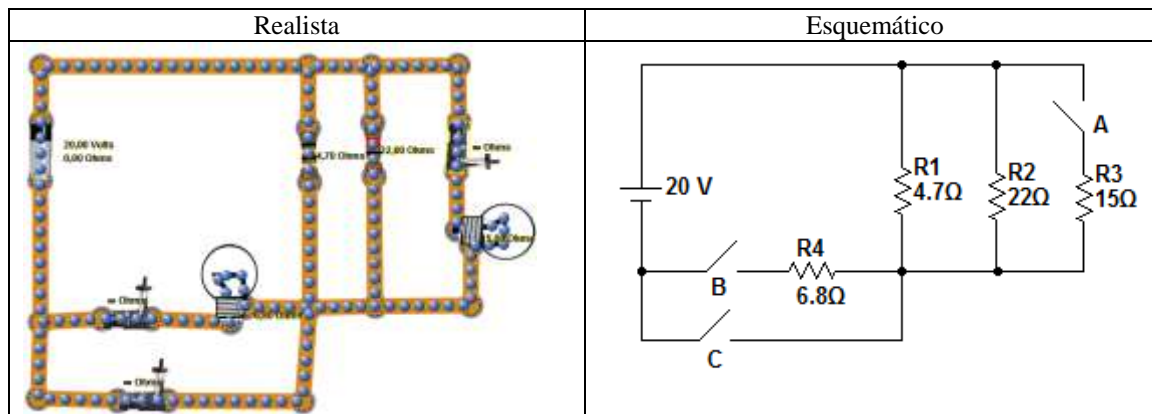
### **METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS**

Relembrar ao aluno a importância de estudar os conceitos elétricos propostos em Eletrodinâmica. Comentar que é importante compreender as especificações indicadas nos aparelhos eletrônicos como tensão (V), corrente (A) e potência (W) pois entendendo o que são estas grandezas e como elas se comportam em um circuito elétrico um equipamento poderá ser utilizado por um tempo maior e de forma adequada.

O circuito misto ou série-paralelo como é conhecido, apresenta diversas representações gráficas que devem ser compreendidas logicamente pelos alunos. Principalmente quando necessário o redesenho do circuito, pois segundo Boylestad (2012, p.205) “as possibilidades para configurações em série-paralelo são infinitas”. Desta forma, mudando-se a ligação entre as lâmpadas, altera-se o seu funcionamento. Ou seja, o comportamento das resistências interligadas a este tipo de circuito, dependerá de sua configuração.

Percebe-se que a simulação auxilia o aluno nas comprovações matemáticas, a partir da demonstração dos valores medidos de corrente e tensão elétrica. Relembrar aos alunos que a potência será demonstrada na simulação pelo brilho de cada lâmpada. Desta forma iniciamos esta aula fazendo uso diretamente do aplicativo de simulação Kit de Circuito DC, pela resolução do circuito apresentado no quadro 05.

**Quadro 5:** Representação realista e esquemática do circuito misto



Fonte: Os autores.

Para este circuito no questionário aplicado em aula, foram propostas condições de fechamentos dos interruptores sendo: 1) Fechar o interruptor B; 2) Fechar o interruptor B e A; 3) Fechar todos os interruptores. De acordo com cada item anterior, o circuito foi analisado nos conceitos estudados de Eletrodinâmica e propostos nesta sequência didática. A diferença de análise deste circuito, é que exigirão do aluno a percepção e familiarização com o tipo de circuito resultante após cada condição indicada.

Ou seja, quando o circuito irá se comportar em série e/ou paralelo, resultando no misto. Pois as técnicas de resolução matemáticas possuem algumas variações dependendo do circuito resultante em cada momento de análise.

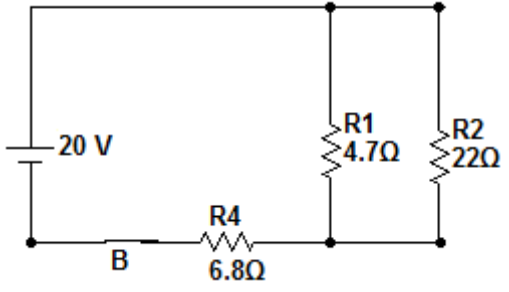
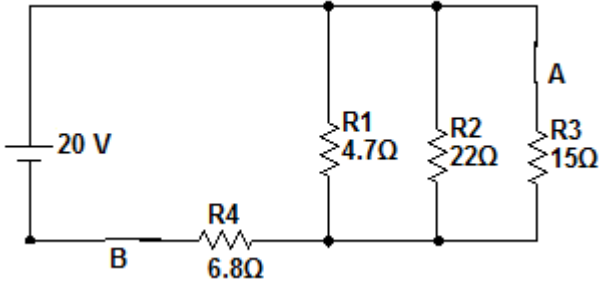
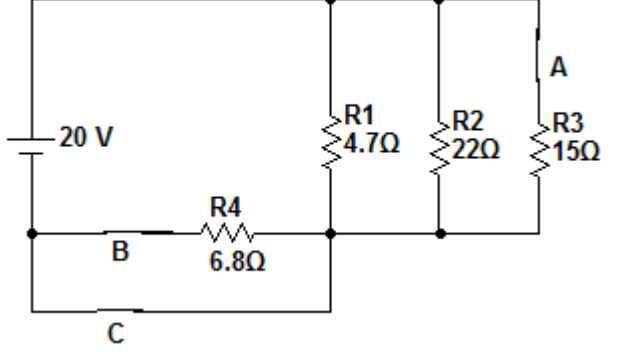
Reforçar com o aluno neste momento, que a análise do circuito não segue uma “receita” única, a maneira de resolução depende muito de como o aluno “vê” o circuito. Claro, o professor deve indicar que a simplificação do circuito deve iniciar pela caracterização da distribuição de corrente. Na sequência, verificar quais lâmpadas e/ou resistores fazem parte do circuito.

Lembrando que fizemos a opção pelo estudo com múltiplas representações, desta forma em quase todos os circuitos procuramos mesclar o uso de lâmpadas, resistores para que o aluno perceba cognitivamente que ambos apresentam as mesmas características e grandezas na análise de circuitos. Apenas o físico se difere.

Na apresentação deste circuito, optamos por não fornecer a localização do amperímetro a fim de proporcionar ao aluno a necessidade de compreensão de como fazer a medição de corrente neste circuito. Com o propósito de recordar como funciona um amperímetro e de que forma o mesmo deve ser interligado ao circuito para realizar a medição de corrente elétrica.

Boylestad (2012) enumera duas técnicas de resolução de circuitos mistos: método de redução e retorno e, método do diagrama em blocos. Podemos pensar também em reduzir o circuito em direção a fonte de alimentação, desta forma seguindo as condições impostas, os circuitos se apresentariam da seguinte forma na redução:

**Quadro 6:** Circuito misto após apresentada a condição para iniciar a simplificação

Condição	Simplificação
<p>1) fechar o interruptor B;</p>	 <p>O circuito apresenta-se como misto. Iniciando pelo cálculo do <math>R_{eq}</math> entre <math>R_1</math> e <math>R_2</math>, logo após em série com <math>R_4</math>.</p>
<p>2) Fechar o interruptor B e A;</p>	 <p>O circuito apresenta-se com um paralelo entre <math>R_1</math>, <math>R_2</math>, <math>R_3</math>. Após em série com <math>R_4</math>.</p>
<p>3) Fechar todos os interruptores.</p>	 <p>Participam da composição deste circuito apenas os resistores em paralelo <math>R_1</math>, <math>R_2</math> e <math>R_3</math>. O resistor <math>R_4</math> não recebe corrente, pois em paralelo com o mesmo apresenta-se um curto-circuito.</p>

Fonte: Os autores.

Comentar com os alunos a forma de redução apresentada no quadro 6, e após a simulação resolver em sala com os alunos, cada momento descrito.

## **RECURSOS DIDÁTICOS**

- Kit de Circuito DC (simulador), computador, painel elétrico (lâmpadas, tomadas, fios, interruptor), quadro de giz.

## **AVALIAÇÃO**

Durante o processo de avaliação deve-se procurar saber um pouco dos conhecimentos prévios demonstrados por cada aluno sobre os conceitos a serem abordados no decorrer da disciplina. Também elencar as atividades que foram aplicadas, e avaliar percentualmente cada uma. Além de informar aos alunos que a avaliação será realizada de forma contínua, desta forma a participação nas aulas é de grande valia.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A aplicação do produto teve por finalidade proporcionar aos alunos uma aprendizagem dos conceitos de Eletrodinâmica (corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica e potência elétrica), através da aplicação da teoria de multimodos e múltiplas representações e estratégia POE.

A partir dos métodos adotados, foram propostas as atividades desta sequência didática, as quais tiveram por objetivo mediar o estudo dos conceitos de várias maneiras ao aluno. As atividades de aprendizagem fazendo o uso de momentos iniciais de indagação e questionamento a partir do uso do painel elétrico, onde de forma lúdica foi possível que os alunos observassem o comportamento das lâmpadas nos vários tipos de circuitos. Após a discussão dos conceitos foram abordados em sala de aula, de forma teórica, com o objetivo de demonstrar aos alunos a conceituação e representação matemática na resolução dos circuitos, visto que, não temos uma “receita” pronta para aplicar e resolver o circuito, mas sim uma necessidade objetiva de se interpretar e analisar o circuito em sua disposição a fim de definir o raciocínio lógico a ser aplicado para a resolução.

## REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à análise de circuitos**. Tradução de Daniel Vieira e Jorge Ritter. São Paulo: Person Prentice Hall, 2012.

BROCKINTON, G.; PIETROCOLA, M. Recursos computacionais disponíveis na internet para o ensino de física moderna e contemporânea. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3., 2003, Bauru. **Anais...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2003.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multimodal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, London, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

SANMARTI, N. **Didáctica de las ciencias en educación secundaria obligatoria**. Madrid: SÍNTESIS S.A., 2002.

TAO, P.K.; GUNSTONE, R.F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer. **International Journal of Science Education**. v. 21(1), pp.39-57, 1999.

WHITE, R. and GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. The Falmer Press, 1992.