



## DESENVOLVIMENTO DE KITS DIDÁTICOS COM MATERIAL RECICLADO PARA A DISCIPLINA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

**Ernesto F. Ferreyra-Ramírez** – [ferreyra@uel.br](mailto:ferreyra@uel.br)

**Luis C. Mathias** – [luis.mathias@uel.br](mailto:luis.mathias@uel.br)

**Luiz F. Schmidt** – [luizschmidt@uel.br](mailto:luizschmidt@uel.br)

Universidade Estadual de Londrina / Departamento de Engenharia Elétrica

Rod. PR-445 km 380 – Caixa Postal 10.011

86.057-970– Londrina – PR

**Resumo:** A aplicação da teoria dos quadripolos facilita a análise de circuitos eletrônicos, e apesar de ser um tema relevante, e extremamente útil, para a formação do futuro engenheiro eletricitista, pode-se notar que este assunto é bastante abstrato para alunos dos primeiros anos de graduação. Por isso, é importante pensar em estratégias alternativas de ensino além das aulas teóricas e expositivas tradicionalmente usadas para ministrar circuitos elétricos. Neste trabalho é relatada a experiência de projetar, confeccionar e utilizar kits didáticos de quadripolos para a disciplina de “Circuitos Elétricos 1” ministrada no curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina. Cada kit é composto por cinco quadripolos envolvidos por caixas plásticas, que foram descartadas de reatores eletrônicos de lâmpadas fluorescentes queimadas, em cujo interior foram soldados resistores e terminais de 4mm para conexão de cabos banana. Assim, materiais que originalmente seriam jogados no lixo serão aproveitados novamente para fins didáticos, a um custo muito baixo (menor que quatro dólares americanos) por kit didático. Acredita-se que esta experiência didática foi bem sucedida, pois houve boa receptividade dos kits junto aos alunos de graduação, gerando comentários positivos e entusiasmo para acompanhar as aulas teóricas subsequentes.

**Palavras-chave:** *Quadripolos, Reutilização de materiais, Sustentabilidade, Apoio ao ensino, Aprendizagem ativa.*

### 1. INTRODUÇÃO

A motivação original para este trabalho foi estudar, e posteriormente aplicar, formas alternativas de ensino de quadripolos para os alunos da disciplina “Circuitos Elétricos 1”, que é ministrada no segundo ano de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina – PR. Este assunto deve ser coberto em no máximo 18 horas-aulas (12,5% da carga horária total da disciplina), para permitir a inserção no decorrer do ano de outros assuntos de igual importância para a formação básica do Engenheiro Eletricista, a saber: Leis



de Kirchoff (incluindo os métodos das correntes de malha e das tensões de nós); Teoremas de Circuitos (Equivalentes Thévenin e Norton; Superposição; Compensação; Deslocamento de fontes; entre outros); Circuitos de 1ª e 2ª ordem; Resolução de circuitos usando Transformada de Laplace; Resposta em frequência (impedância, função de transferência, ganho e fase); Formulação de equações de estado e Circuitos magneticamente acoplados.

Há alguns anos, o docente da disciplina vem procurando alternativas ao ensino teórico de circuitos elétricos, ou seja, ao tradicional método de aulas expositivas no quadro-negro, com eventuais apresentações multimídia (uso de *data show*). Primeiramente, foi estudada a “Teoria das Inteligências Múltiplas” que foi proposta por Howard Gardner, psicólogo norte-americano da Universidade de Harvard em 1983 (GARDNER, 2007). Ele defende que o potencial humano não pode ser medido apenas pelo Quociente de Inteligência (QI), visto que há diversos tipos de inteligência: lingüística; lógico-matemática; espacial; musical; corporal-cinestésica; interpessoal; intrapessoal e naturalista (ANTUNES, 2006). Segundo Celso Antunes, pesquisador da área de inteligência e cognição, os indivíduos que optam pelas carreiras relacionadas às ciências exatas e engenharias utilizam bastante as habilidades relacionadas às inteligências lógico-matemática (compreensão dos elementos da linguagem algébrica e numérica de forma rápida) e espacial (percepção e administração de distâncias, pontos de referência e localização geográfica). Assim, a Teoria das Inteligências Múltiplas forneceu uma pista importante do que deveria ser feito: alternar o estilo das aulas teóricas e expositivas, com outras modalidades de ensino, para que o aluno não fique em uma posição passiva e para tira-lo da sua zona de acomodação. Em outras palavras, se o aluno é apenas ouvinte da aula e interage pouco com o professor, ou com os demais colegas discentes, ele está apenas exercitando as suas habilidades lógico-matemáticas e, talvez de forma muito discreta, as suas habilidades espaciais (se ele tiver uma capacidade de abstração bem desenvolvida). Neste caso, as habilidades interpessoais, corporal-cinestésica e lingüística não vão ser estimuladas.

A partir disso, nos últimos anos, o docente da disciplina “Circuitos Elétricos” decidiu introduzir esporadicamente (uma vez por mês) algumas atividades práticas na disciplina teórica, a saber:

- simulação ou resolução de circuitos elétricos vistos em sala-de-aula usando *softwares* diversos (tais como: PSPICE, PSIM e MATLAB);
- montagens e ensaios em protoboard de circuitos com quadripolos;
- apresentação, desmontagem e estudo de diversos equipamentos eletrônicos desativados (por exemplo: desfibrilador cardíaco para mostrar a aplicação de um circuito de 2ª ordem com resposta transitória subamortecida).

Com isso, pode-se perceber um aumento na assiduidade dos alunos, e ao mesmo tempo notou-se que eles estavam mais participativos em sala-de-aula. Então, criou-se um círculo virtuoso, onde o professor ficou mais incentivado a estudar mais sobre didática e métodos de ensino. Disto, foi estudado o conceito de “Aprendizagem Ativa”, que basicamente consiste em envolver o aluno no processamento ativo das informações recebidas. A aprendizagem

ativa exige raciocínio e comunicação do pensamento por meio da fala, da escrita ou do ato de fazer (SVINICKI & McKEACHIE, 2012). Por isso, ela ajuda a eliminar a “ilusão do entendimento” (quando o aluno não consegue reproduzir sozinho o que foi visto em sala de aula), que é resultante da acomodação do aluno ao assistir aulas expositivas.

Como consequência natural, o estudo da aprendizagem ativa, levou aos conceitos de “Aprendizagem em Grupo”, que envolve as aprendizagens “colaborativa” e “cooperativa”, pois desta forma a interação do aluno na sala de aula não se limita à troca de ideias com o professor, visto que este último somente consegue atender um aluno de cada vez. Além disso, a habilidade de trabalhar de forma cooperativa é essencial na maioria das profissões que os alunos futuramente vão exercer (SVINICKI & McKEACHIE, 2012).

Assim, neste trabalho é relatada a experiência de projetar, confeccionar e utilizar kits didáticos de quadripolos para a disciplina de “Circuitos Elétricos 1” ministrada no curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Para isso, o texto foi estruturado em Teoria do quadripolos (seção 2), onde serão revisados alguns conceitos, os quais foram utilizados para a concepção e utilização dos kits didáticos (seção 3). Em seguida, serão mostrados e discutidos os resultados da utilização dos kits nas considerações finais (seção 4).

## 2. TEORIA DOS QUADRIPOLOS

Um quadripolo é uma rede com dois pares de terminais, sendo: um par de terminais (1 e 1') que correspondem à entrada, e normalmente são ligados a uma fonte de corrente ou tensão; outro par de terminais (2 e 2') que representam a saída, e onde geralmente é conectada uma carga. Cada par de terminais também é conhecido como acesso (de entrada ou de saída). Por isso, ele também é conhecido como rede de dois acessos (BURIAN JR. & LYRA, 2006). O esquema básico de um quadripolo é mostrado na Figura 1.

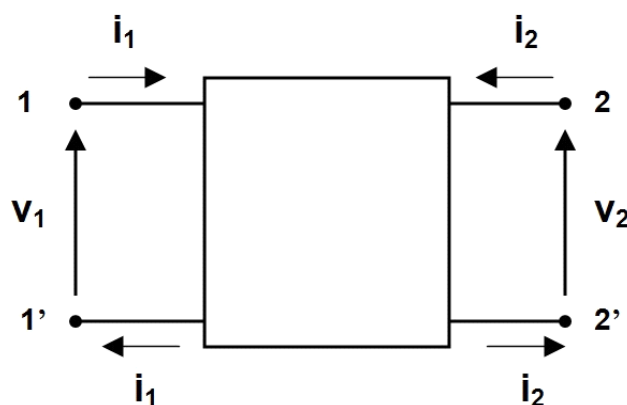


Figura 1 – Modelo geral de um quadripolo, onde  $v_1$  e  $i_1$  são as variáveis terminais de entrada, enquanto  $v_2$  e  $i_2$  correspondem às variáveis terminais de saída (modificado de ORSINI, 1975).

Supondo que os componentes internos dos quadripolos são lineares e invariantes no tempo, além de não conterem geradores independentes, pode-se relacionar as variáveis terminais  $v_1$ ,  $i_1$ ,  $v_2$  e  $i_2$  através de diversos sistemas de equações lineares como, por exemplo, o mostrado nas Equações (1) e (2).

$$v_1 = z_{11} i_1 + z_{12} i_2 \quad (1)$$

$$v_2 = z_{21} i_1 + z_{22} i_2 \quad (2)$$

A partir das Equações (1) e (2), pode-se montar o sistema matricial mostrado na Equação (3).

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} \Rightarrow V = Z \cdot I \Rightarrow Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Por relacionar os vetores tensão e corrente de forma similar à resistência na lei de Ohm, a matriz  $Z$  é conhecida como matriz impedância do quadripolo e os seus elementos, cuja unidade é  $\Omega$  (ohm), podem ser obtidos pelas Equações (4) a (7).

$$z_{11} = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{i_2=0A} \quad (4)$$

$$z_{12} = \left. \frac{v_1}{i_2} \right|_{i_1=0A} \quad (5)$$

$$z_{21} = \left. \frac{v_2}{i_1} \right|_{i_2=0A} \quad (6)$$

$$z_{22} = \left. \frac{v_2}{i_2} \right|_{i_1=0A} \quad (7)$$

Na prática para encontrar os elementos (ou parâmetros) da matriz  $Z$  de um quadripolo cujo interior é desconhecido, deve-se fazer ensaios a vazio, utilizando multímetros e fonte de tensão CC (de corrente contínua). Uma dessas montagens é mostrada na Figura 2.

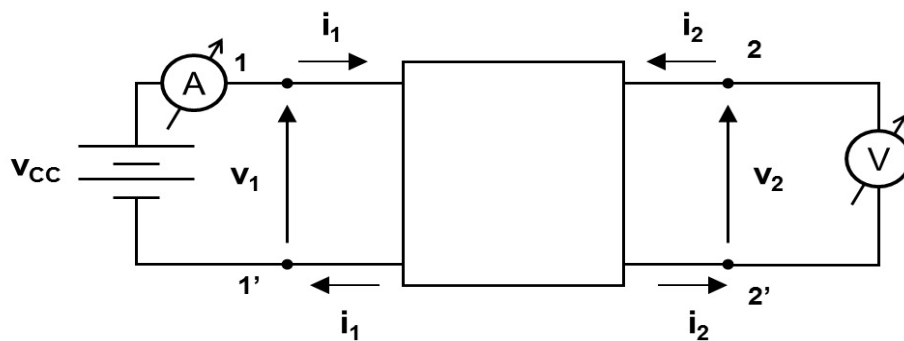


Figura 2 – Montagem experimental a vazio na saída de um quadripolo para obter parâmetros  $z_{11}$  e  $z_{21}$  da sua matriz  $Z$ .

Na Figura 2, a saída fica em aberto, resultando em  $i_2 = 0A$ . Sabendo o valor  $V_{CC}$  ajustado na fonte de tensão (que corresponderá ao valor da variável terminal  $v_1$ ), e obtendo as leituras do amperímetro (valor da variável terminal  $i_1$ ) e do voltímetro (valor da variável terminal  $v_2$ ), é possível encontrar  $z_{11}$  e  $z_{21}$  usando as Equações (4) e (6). Uma maneira alternativa, e mais simples, de obter o parâmetro  $z_{11}$  é retirar o amperímetro e o voltímetro e substituir a fonte de tensão CC por um ohmímetro. Desta forma, quando os terminais 2 e 2' estiverem desconectados (saída em aberto), a leitura do ohmímetro corresponderá ao resultado da Equação (4). A montagem para obter os valores de  $z_{12}$  e  $z_{22}$  é similar à mostrada na Figura 2, mas desta vez deverão ser permutadas as conexões e medições feitas nas entradas e saídas do quadripolo.

Também é possível relacionar as variáveis terminais de outras maneiras, de forma que sejam obtidos outros sistemas matriciais lineares como mostrado nas Equações (8) a (12). Assim, temos seis tipos de matrizes de quadripolos ( $Z$ ,  $Y$ ,  $H$ ,  $G$ ,  $T$  e  $T^{-1}$ ), cujas dimensões serão sempre  $2 \times 2$  (NILSSON & RIEDEL, 2009).

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \Rightarrow Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \Rightarrow H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} \Rightarrow G = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_2 \\ -i_2 \end{bmatrix} \Rightarrow T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ -i_1 \end{bmatrix} \Rightarrow T^{-1} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Em eletrônica, costuma-se utilizar a teoria dos quadripolos para modelar transistores, pois este método facilita a análise do circuito equivalente obtido, permitindo calcular as impedâncias de entrada e de saída, além dos ganhos de tensão e de corrente do circuito. Isso tanto é verdade, que é comum encontrar nos formulários de dados (*datasheets*) dos transistores, a especificação dos valores típicos dos parâmetros  $h_i$  (impedância de entrada),  $h_r$  (ganho reverso de tensão),  $h_f$  (ganho direto de corrente) e  $h_o$  (admitância de saída), que nada mais são que os parâmetros  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$  e  $h_{22}$  da matriz H do quadripolo equivalente do transistor quando é utilizado um dos seus terminais (Emissor, Base ou Coletor) como polo comum, conforme pode ser visto na Figura 3.

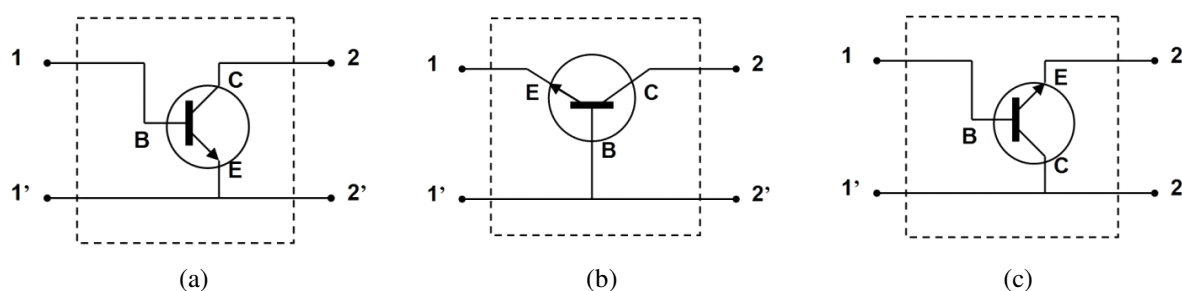


Figura 3 – Quadripolos equivalentes a um transistor NPN ligado como: (a) emissor comum; (b) base comum; (c) coletor comum (modificado de ORSINI, 1975).

Outra vantagem do uso de quadripolos, é o fato de poder-se utilizar a estratégia de “Dividir para conquistar”, pois consegue-se particionar um quadripolo de estrutura complicada em outros menores e mais simples de trabalhar. Em seguida, para juntar os efeitos dessas estruturas menores é utilizada a associação de quadripolos, que pode ser implementada de cinco maneiras: série; paralelo; cascata; série-paralelo e paralelo-série.

Na Figura 4 é mostrado o esquema de ligações da associação série de dois quadripolos. Pode-se notar que, neste caso, as correntes nos terminais de entrada são iguais. Já a tensão total de entrada é a soma das tensões de entrada dos dois quadripolos. As mesmas observações podem ser feitas com relação aos terminais de saída.

A Associação em paralelo é mostrada na Figura 5. Note que desta vez, as tensões de entrada dos quadripolos são iguais à tensão de entrada total da associação. Além disso, a corrente total dos terminais de entrada é a soma das correntes dos terminais de cada um dos quadripolos. Estas observações também são válidas para os terminais de saída.

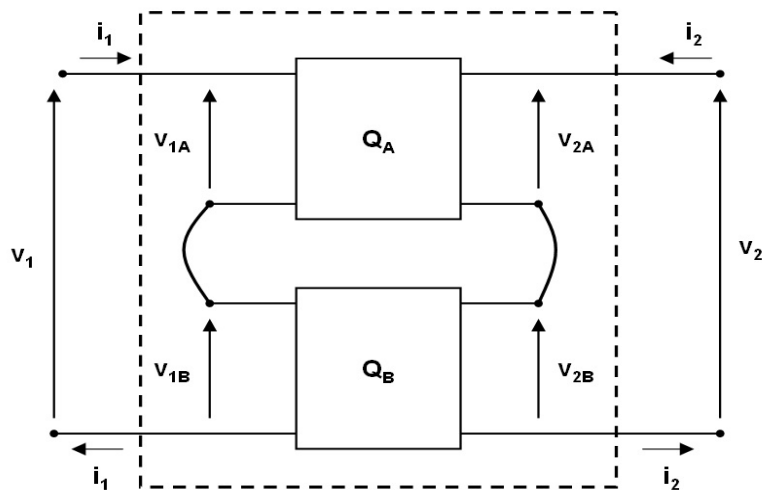


Figura 4 – Associação série de dois quadripolos (modificado de ORSINI, 1975).

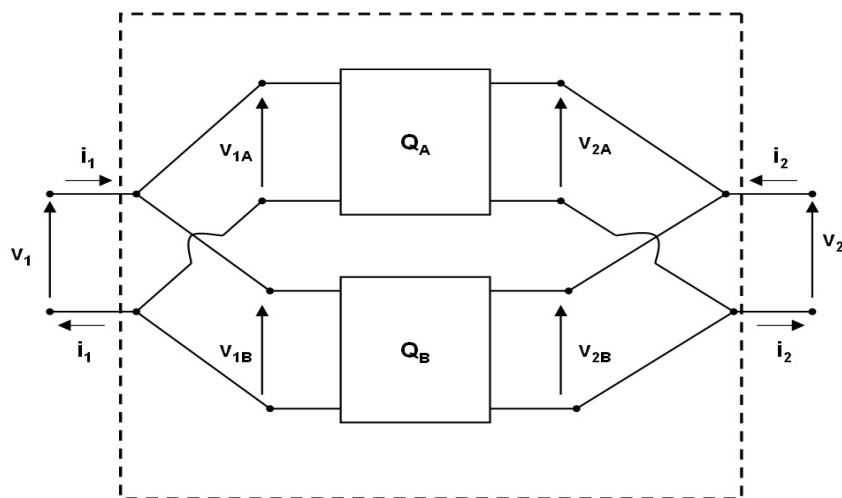


Figura 5 – Associação em paralelo de dois quadripolos (modificado de ORSINI, 1975).

As associações série-paralelo e paralelo-série são ligações híbridas das associações série e paralelo mostradas nas Figuras 4 e 5. Em outras palavras, a ligação das entradas de dois quadripolos em série conforme mostrado na Figura 4, e ao mesmo tempo a conexão das saídas desses mesmos quadripolos em paralelo conforme mostrado na Figura 5, vai resultar em uma associação série-paralelo. De forma similar, para conseguir-se uma associação paralelo-série de dois quadripolos, é necessário ligar as suas entradas em paralelo e as saídas em série.

A associação em cascata consiste em ligar a tensão de saída de um quadripolo com a tensão de entrada do quadripolo seguinte. Disto, obtém-se o esquema elétrico mostrado na Figura 6.

Assim, apesar de ser um tema relevante, e extremamente útil, para a formação do futuro engenheiro electricista que vai atuar na área de projetos eletrônicos, pode-se notar que este assunto é bastante abstrato para alunos do segundo ano da graduação de Engenharia Elétrica. Isto acontece, pois eles ainda não estudaram circuitos eletrônicos (que normalmente são abordados no terceiro ano do curso) para conseguir entender a aplicação dos conceitos apresentados. Por isso, é importante pensar em estratégias alternativas de ensino de quadripolos para esses alunos.

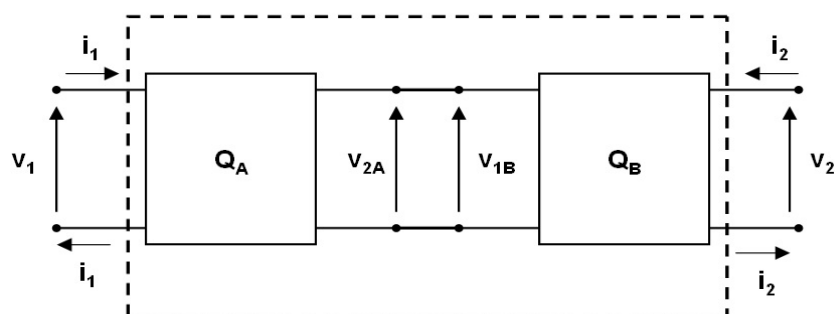


Figura 6 – Associação em cascata de dois quadripolos (modificado de ORSINI, 1975).

### 3. CONCEPÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS KITS DIDÁTICOS

Cada kit é composto por cinco modelos de quadripolos, que são mostrados na Figura 7.

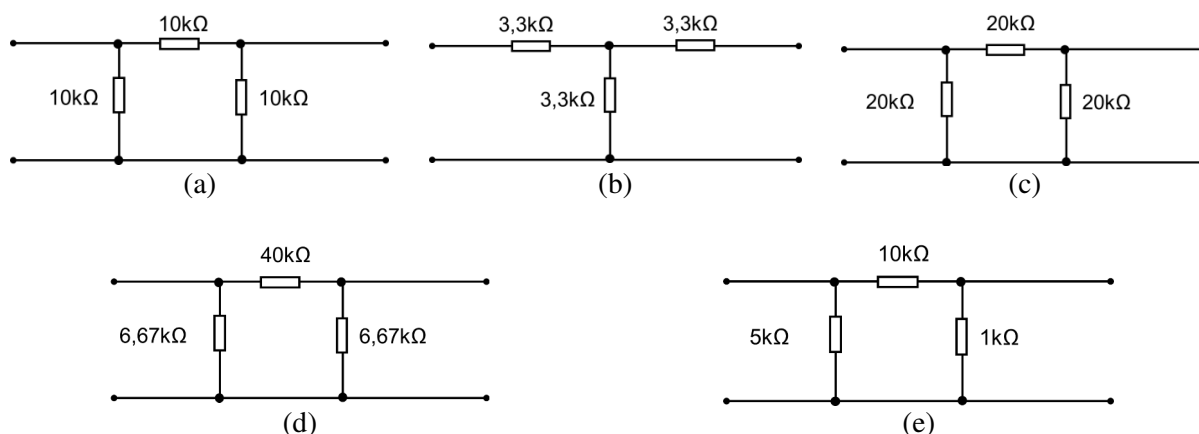


Figura 7 – Quadripolos que fazem parte de cada kit didático: (a) quadripolo 1 ou apenas Q1; (b) quadripolo 2 (Q2); (c) quadripolo 3 (Q3); (d) quadripolo 4 (Q4); (e) quadripolo 5 (Q5).



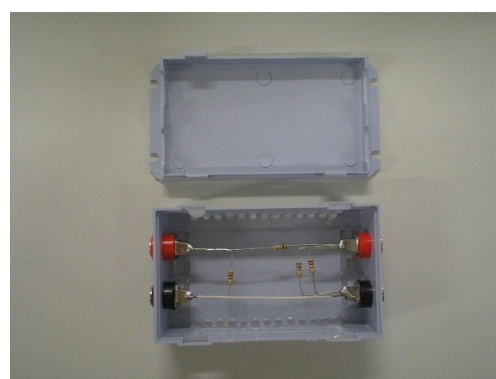
Esses quadripolos foram projetados para:

- mostrar a equivalência  $\Delta - Y$  ao medir e comparar os parâmetros Z de Q1 e Q2;
- estudar a associação série de Q1 e Q2, através da obtenção e comparação das matrizes Z obtidas dessa associação e do seu quadripolo equivalente Q3. Além disso, foi possível verificar o teste de Brune, onde houve a necessidade de inverter verticalmente Q2 para viabilizar a associação série (ORSINI, 1975);
- estudar a associação em cascata de Q1 e Q2, através da obtenção e comparação das matrizes T obtidas da associação e do seu quadripolo equivalente Q4;
- verificar as propriedades de simetria e reciprocidade de quadripolos ao estudar e obter os parâmetros Z (por exemplo) de Q5.

Para ensinar na prática o conceito de “caixa-preta”, em anos anteriores os kits eram compostos por *protoboards* encobertos por papel para que os alunos não conseguissem enxergar o interior dos quadripolos no início dos experimentos. Entretanto, estas montagens ficavam muito precárias e instáveis, gerando alguns momentos cômicos durante as aulas. Por isso, após um ciclo de manutenção predial por parte da prefeitura do campus, o docente responsável pela disciplina e os técnicos de laboratório tiveram a ideia de utilizar caixas usadas de reatores eletrônicos das luminárias das lâmpadas fluorescentes substituídas durante a manutenção preventiva, que segundo os eletricitistas da universidade iriam para o lixo. Após uma visita ao depósito de materiais sucateados da prefeitura do campus, foram conseguidas dezenas dessas caixas a um custo zero. Em seguida, as caixas foram lavadas, lixadas e suas frestas foram vedadas com cola quente para que não fosse possível observar o seu interior. Após alguns testes, foram adaptados dois pares de conectores (“bornes”) vermelhos (polos positivos) e pretos (polos negativos) para permitir a conexão de cabos banana às entradas e saídas dos quadripolos. A “caixa-preta” resultante é mostrada na Figura 8. Também pode-se notar o baixo custo final de cada quadripolo, conforme mostrado na Tabela 1.



(a)



(b)

Figura 8 – Quadripolo resultante para compor o kit didático para ensino de circuitos elétricos:  
(a) vista externa; (b) vista interna.



Tabela 1 – Custo médio dos materiais para confeccionar cada quadripolo do kit didático.

Descrição	Valor Unitário	Quantidade	Valor Final
Caixa plástica	R\$ 0,00	1,0000	R\$ 0,00
Terminal 4mm Banana Jack	R\$ 0,32	4,0000	R\$ 1,29
Resistor de Carbono 5% 1/4W	R\$ 0,08	5,0000	R\$ 0,40
Bastão de cola quente	R\$ 1,60	0,0300	R\$ 0,05
Rolo de Solda 60x40 1/2 Kilo Fio 0,8mm	R\$ 70,00	0,0002	R\$ 0,02
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1,76</b>

Como se pode notar, o custo com material de cada quadripolo ficou irrisoriamente baixo (menos de R\$2,00). Disto, cada kit, composto por cinco unidades, custou R\$8,80 (ou US\$3,97 na cotação do dólar comercial do dia). Para os experimentos com os alunos foram utilizados cinco kits. Assim, o custo de desenvolvimento ficou em R\$44,00 para o Departamento de Engenharia Elétrica da UEL.

Dias antes do experimento, gerou-se a expectativa entre os alunos sobre as montagens com os quadripolos (inclusive o docente responsável postou, no site da disciplina, os desenhos mostrados na Figura 7), de maneira a estimular a curiosidade e motivá-los a procurar entender melhor o assunto para ficarem preparados para a aula prática. No dia do experimento, com o kit didático de quadripolos, apareceram 38 alunos (82,6% do total). Como a turma era grande houve a necessidade de dividi-la em duas, de modo a usarem laboratórios vizinhos. O docente responsável teve o auxílio de um discente monitor, que já tinha cursado a disciplina, para fazer anotações no quadro-negro e prestar auxílio nas montagens aos alunos.

Durante as montagens, notou-se o envolvimento e entusiasmo dos alunos para fazer os ensaios com quadripolos com a finalidade de identificá-los. Na aula seguinte, o professor conduziu uma pesquisa através de formulário eletrônico elaborado na ferramenta *Google Drive*. Nela, havia uma questão relativa à utilização dos kits didáticos de quadripolos. Dentre os 20 alunos que responderam essa pesquisa, 95% mencionaram que a repercussão dessa aula prática tinha sido Neutra (10%), Boa (50%) ou Muito Boa (35%), pois auxiliou a entender melhor o assunto devido à manipulação das caixinhas plásticas que continham os quadripolos. Os 5% restantes (1 aluno) escolheu a opção “Não posso opinar”, pois provavelmente esteve ausente da aula.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se dizer que a engenharia é a arte de aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos para converter recursos disponíveis na natureza em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas. Embora a engenharia moderna dependa cada vez mais desses conhecimentos, sempre haverá espaço para o empirismo e a criatividade (BAZZO & PEREIRA, 1989). Por isso, neste trabalho foi mostrado aos alunos de graduação em



engenharia elétrica como se pode confeccionar material didático de boa qualidade e boa apresentação final, a um custo baixo, e usando componentes plásticos que seriam destinados originalmente ao lixo.

Além disso, durante a aula experimental de quadripolos, foram estimuladas habilidades diferentes das habilidades lógico-matemáticas, comumente associadas aos praticantes das engenharias e ciências exatas. Isto fica patente, quando os alunos são desafiados a sair da sua zona de conforto e acomodação, para serem obrigados a manipular e conectar os diversos quadripolos estudados, exercitando assim, habilidades relacionadas às inteligências espacial e cinestésico-corporal. Além disso, eles exercitaram competências relacionadas à comunicação interpessoal no momento de interagir com os demais colegas ao negociar as “trocas” de quadripolos repetidos, visto que inicialmente as “caixinhas-pretas” foram distribuídas propositalmente de forma aleatória, e sem identificação, entre as bancadas.

Também, não se pode deixar de mencionar a reação positiva dos alunos, que a todo momento, soltavam exclamações de satisfação ao resolver problemas nos quais eles tinham sido desafiados anteriormente, tais como: identificação dos quadripolos; verificação da equivalência estrela-triângulo e verificação do teste de Brune.

Logo, neste trabalho é mostrado como é possível incrementar as atividades didáticas no ensino da disciplina de Circuitos Elétricos na graduação em Engenharia Elétrica, sem precisar fazer grandes investimentos financeiros e sem alterar o conteúdo programático dessa disciplina, que é muito importante como base de conhecimentos para as disciplinas profissionalizantes do curso. Assim, os autores acreditam estarem relatando um estudo de caso que está em consonância com a aprendizagem sob o ponto de vista do estudante, como sugerido por FREIESLEBEN *et al.* (2013).

## 5. REFERÊNCIAS

ANTUNES, Celso. Inteligências múltiplas e seus jogos. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006. vols.1-8.

BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T.V. Criatividade na engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, São Paulo v.8, n.1, p. 8-11, 1989.

BURIAN Jr., Yaro; LYRA, Ana Cristina C. Circuitos elétricos. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 302 p.

FREIESLEBEN, F.B.; LODER, L.L.; BECKER, M.L.R. Um debate acadêmico sobre a aprendizagem de circuitos elétricos: o estado da arte. Anais: XLI – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Gramado: UFRGS, 2013.

GARDNER, Howard. Cinco mentes para o futuro. Porto Alegre: Artmed, 2007. 160 p.



NILSSON, James W.; RIEDEL, Susan A. Circuito elétricos. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 574 p.

ORSINI, Luiz de Queiroz. Circuitos elétricos. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1975. 324 p.

SVINICKI, Marilla; McKEACHIE, Wilbert J. Dicas de ensino. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 405 p.

## **DEVELOPMENT OF TEACHING KITS MADE WITH RECYCLED MATERIALS TO USE DURING ELECTRIC CIRCUITS LECTURES**

**Abstract:** The two-port circuits theory is applied to simplify the analysis of electronic circuits, and despite being a relevant, and extremely helpful, topic for the instruction of the future electrical engineer, it may be noted that this subject is rather abstract for students of early years graduation. Therefore, it is important to consider alternative teaching strategies beyond theoretical lectures traditionally used to teach electrical circuits. In this paper we report the experience to design, produce and employ two-port circuits teaching kits for the "Electric Circuits 1" classes taught in undergraduate degree in Electrical Engineering from the State University of Londrina. Each kit consists of five two-port circuits encapsulated in plastic boxes, which were obtained from spoiled electronic ballasts for fluorescent lamps, inside which were welded resistors and 4mm terminals jacks for connecting banana cables. Thus, materials that originally would be thrown in the trash will be taken up again for teaching purposes at a very low cost (less than four U.S. dollars each kit). It is believed that this teaching experience was successful, as there was good receptivity from the undergraduate students, generating positive comments and enthusiasm to follow subsequent lectures.

**Key-words:** *Two-port circuits, Reusing materials, Sustainability, Teaching Support, Active learning.*