

## O desenho como mediador representacional entre o experimento e esquema de circuitos elétricos

Gilberto Franzoni<sup>♦</sup>, Carlos Eduardo Laburú<sup>♦1</sup> e Osmar Henrique Moura da Silva<sup>♦</sup>

gilfranzoni@ibest.com.br; laburu@uel.br; osmarh@uel.br

<sup>♦</sup>Mestrando em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL, Londrina – PR, Brasil

<sup>♦</sup>Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, Brasil

### Resumo

Este artigo apresenta resultados de uma investigação estruturada a partir dos princípios da multimodalidade representacional em que o modo desenho é empregado como atividade mediadora para solucionar problemas conceituais de aprendizagem de estudantes do ensino médio quando passam do modo experimental para os esquemas convencionais usados em circuitos elétricos. O modo de representação por desenho permitiu abrir um espaço inicial de diálogo para estabelecimento de significados ligados ao conteúdo de circuitos elétricos e que posteriormente foi formalizado com a linguagem esquemática oficial. Em compatibilidade com o referencial multimodal os resultados encontrados indicam que a mediação através do desenho transforma-o em uma espécie de ponte representacional que facilita a aprendizagem dos esquemas e conteúdos científicos no estudo de circuitos elétricos.

**Palavras-chave:** desenhos, multimodalidade representacional, circuitos elétricos, ensino médio.

### Resumen

Este artículo presenta resultados de una investigación estructurada a partir de los principios de la multimodalidad representacional en que el modo diseño es empleado como actividad mediadora para solucionar problemas conceptuales de aprendizaje de estudiantes de la enseñanza media cuando pasan del modo experimental para los esquemas convencionales usados en circuitos eléctricos. El modo de representación por diseño permitió abrir un espacio inicial de diálogo para el establecimiento de significados relacionados al contenido de circuitos eléctricos y que posteriormente fue formalizado con el lenguaje esquemático oficial. En compatibilidad con el referencial multimodal los resultados encontrados indican que la intermediación a través del diseño lo transforma en una especie de puente representacional que facilita el aprendizaje de los esquemas y contenidos científicos en el estudio de circuitos eléctricos.

**Palabras clave:** diseños, multimodalidad representacional, circuitos eléctricos, enseñanza media.

### Abstract

This article presents results of an investigation structured from multimodal representational principles in which drawing is used as mediatory activity to solve conceptual problems of high school students' learning when they pass in the experimental way for the conventional schemes used in electric circuits. The modal representation based on drawing allowed to open an initial space of dialogue for establishment of meanings linked to the content of electric circuits and it was later formalized with the official schematic language. In compatibility with the multimodal referential founds indicate that the mediation through drawing transforms it in a kind of

<sup>1</sup> Apoios CNPq, Fundação Araucária e Faepe/Uel.

representational bridges that facilitates the learning of the schemes and scientific contents in the study of electric circuits.

**Key Words:** drawings, multi-modal representation, electric circuits, high school.

### Résumé

Cet article présente les résultats d'une recherche structurée à partir de principes de multimodalité représentative où le mode dessin est employé comme l'activité médiatrice pour résoudre des problèmes conceptuels d'apprentissage des étudiants de l'enseignement secondaire quand ils passent du mode expérimental aux projets classiques utilisés dans des circuits électriques. Le mode de représentation à travers le dessin a permis d'ouvrir un espace initial de dialogue pour l'établissement de significations liées au contenu de circuits électriques et qu'ultérieurement ont été formalisées avec la langue schématique officielle. Conformément au référentiel plurimodale, les résultats trouvés indiquent que la médiation à travers le dessin le transforme dans une espèce de pont représentatif qui facilite l'apprentissage des projets et des contenus scientifiques dans l'étude de circuits électriques.

**Mots-clés :** dessins, multimodalité représentative, circuits électriques, l'enseignement secondaire.

## 1. INTRODUÇÃO

A natureza do conhecimento científico está necessariamente vinculada a um tipo particular de linguagem que emprega uma variedade de representações semióticas e utiliza diversos modos discursivos para comunicá-las. Compreender esse conhecimento envolve dar significação a essas representações. Dentro disso, este trabalho pretende mostrar que uma estratégia de ensino onde intervenha multimodos de representação conduz o estudante a fazer várias mudanças representacionais com maior segurança e conduza à apropriação de conteúdos científicos com maior significado.

O estudo aqui apresentado está fundamentado e toma como inspiração os seguintes trabalhos. Começando pelo trabalho de Waldrip, Prain e Carolan (2006), esses autores vêm a necessidade de investigações que focalizem estratégias específicas e levem em conta a mudança entre diferentes modos de representação para a compreensão do conhecimento científico. Afirmam (ibid., p. 91), junto com Golbert e Clement (1999, p.49-50) e Meter (2001), que alguns modos podem dar melhor suporte a aprendizagem dos estudantes do que outros, e destacam que para aprenderem de maneira mais efetiva os estudantes podem fazê-lo via desenho, já que a mídia visual proporciona vantagens específicas sobre a mídia textual, por exemplo. Tytler e Waldrip (2002) levantam a importância dos estudantes serem desafiados a desenvolver compreensões significativas quando se deparam com mudanças representacionais.

Dentro dessas preocupações, como objetivo central, tentamos mostrar a viabilidade e a potencialidade do desenho em funcionar como um modo de representação para solucionar problemas conceituais envolvidos com a aprendizagem circuitos elétricos, assim como com as dificuldades de utilização da linguagem simbólica de circuitos por estudantes do ensino médio. Para isso,

empregamos uma seqüência didática que envolve a mudança entre o modo de representação experimental com objetos para os esquemas oficiais de circuitos elétricos, em que o desenho intermedeia tal mudança.

Dentro das ações aqui propostas, as representações pictóricas foram criadas pelos estudantes a partir da observação de objetos reais, denominados por Prain e Waldrip (2006, p. 1844) de modo representacional 3D, e que se constituíam de elementos elétricos para formar um circuito. A transformação do modo 3D para a representação pictórica propiciou gerar uma reflexão do primeiro para buscar compreender o funcionamento dos circuitos elétricos. O foco conceitual ficou direcionado para a questão da intensidade de corrente elétrica, carga elétrica, resistência, diferença de potencial e associação de resistores. Os conceitos relacionados com estes conteúdos curriculares foram construídos ao longo das instruções conduzidas pelo professor ao introduzir o significado de cada elemento do circuito elétrico.

O modo de representação por meio do desenho criado pelos estudantes permitiu promover um momento de reflexão professor-estudante com intuito de abrir um espaço de diálogo para que os problemas conceituais e dificuldades de compreensão do aprendiz pudessem emergir, tanto quanto com a simbologia envolvida com as convenções de circuitos elétricos. Desta forma, os problemas conceituais e dificuldades de compreensão foram detectados e trabalhados. Entrevistas sucederam as etapas da seqüência didática com a finalidade de diagnosticar o entendimento do estudante e simultaneamente dar-lhe instruções verbais.

O estudo igualmente se inspirou na proposta de uso da representação por desenho adotada por Pacca et al. (2003). Nesse trabalho os desenhos dos estudantes mostraram-se férteis em caracterizar a concepção dos estudantes nesse nível de ensino. Recente pesquisa na mesma direção foi

realizada por Gouveia (2007). Ele empregou uma estratégia semelhante à utilizada por Pacca et al. (2003) para analisar desenhos individuais produzidos pelos estudantes, todavia, nestes últimos ainda houve a possibilidade de modo textual, completando ou explicando mais detalhadamente o desenho. As diferenças entre esses trabalhos estão essencialmente no objetivo de cada um. Enquanto o primeiro estudou as concepções de corrente elétrica do ponto de vista da estrutura dos materiais e na complementação dos desenhos, Gouveia (2007) buscou basicamente identificar qual a potencialidade didática dos desenhos em explicitar e apontar as dificuldades de compreensão dos estudantes.

Apesar de fazermos uso das representações pictóricas ou de desenhos, o que nos aproxima das pesquisas citadas, diferenciamos-nos delas na medida em que nossa pesquisa procurou dar a esse modo representacional um caráter de representação mediador de modo a criar uma ponte entre os circuitos reais e o estabelecimento da linguagem abstrata dos esquemas oficiais exigidos no conteúdo de circuitos elétricos, ou seja, o modo de representação esquemático. Nesse sentido, o trabalho de Klein e Kirkpatrick (2010, p. 90) ao representar o conceito de forças no papel antes de introduzir o padrão convencional científico de representação tem similaridade com o nosso. Ou seja, de forma semelhante a esses autores, propusemos antes dos estudantes serem apresentados ao modo esquemático oficial, que a mudança representacional do modo experimental fosse feita primeiramente pelo modo pictórico, criado pelo próprio estudante, e só após isso uma compreensão mais profunda dos conceitos envolvidos com a linguagem simbólica dos esquemas foi estabelecida, procurando dar a estas significado. Desta forma, a representação por desenho tornou-se mediadora para alcançar entendimento da representação esquemática, por ser mais intuitiva do que esta última.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No ensino das ciências é constante a busca por soluções que viabilizem uma aprendizagem mais eficaz e duradoura, tentando descobrir e ultrapassar os vários impedimentos para que isso se cumpra. Particularmente, é consenso nas pesquisas em multimodalidade e múltiplas representações que os estudantes necessitam compreender, integrar e traduzir os conceitos científicos em diferentes modos e formas de representação como as gráficas, verbais, gestuais, experimentais, matemáticas, entre outras, para que se consiga pensar e agir cientificamente. Isto porque a linguagem científica é uma integração sinérgica de palavras, diagramas, fotos, gráficos, mapas, equações, tabelas, cartas e outros modos e formas de representação (LEMKE, 2003).

Prain e Waldrup (2006) consideram que, em níveis iniciais da aprendizagem da ciência, os estudantes necessitam ser introduzidos às representações múltiplas e multimodais de conceitos científicos, de forma a serem capazes de

compreender, traduzir, e integrar as várias representações como parte do aprendizado da natureza do conhecimento científico e da sua forma de representar. Segundo os autores, o termo múltiplas representações refere-se à prática de representar o mesmo conceito através de diferentes formas (p. ex., formas verbais, gráficas, numéricas). Por outro lado, a multimodalidade representacional remete a integração de diferentes modos de representação do raciocínio, conceitos, explicações e resultados num único e coerente discurso científico. Radford et al. (2009, p. 91) entendem que os modos representacionais são “recursos perceptivos”, através dos quais as diversas formas representacionais podem ser comunicadas ou executadas.

Para Duval (2004), ao se afirmar que um aprendiz está entendendo ou que aprendeu algo, pode-se dizer que ele, além de ser capaz de mobilizar os conhecimentos dentro e fora do contexto de cada representação ensinada, também deve ser hábil na conversão de registros ou tradução entre quaisquer representações. Isto somente se vai tornar factível a partir do momento em que o conhecimento enfocado se encontrar fundado na coordenação das representações utilizadas. Para Duval, não existe “noesis”, ou seja, aquisição e formação de um conceito, sem que haja “semiosis”, isto é, representação, sendo que as últimas legitimam funções cognitivas fundamentais que levam ao pensamento (op. cit., p. 16). Ao reconhecer que não há noesis sem semiosis, vê na potencialidade do recurso à pluralidade de sistemas semióticos uma lei fundamental do funcionamento cognitivo e que tem por detrás a coordenação desses sistemas por parte do aprendiz. As representações semióticas proporcionam, portanto, meios para raciocinar sobre as ideias de maneira que não poderia ser feito de outra forma (OTTE, 2006, p. 31).

Além dos pontos elencados, os multimodos apresentam um papel motivacional, pois propicia que necessidades educacionais evidenciadas pelo estilo cognitivo do estudante sejam mais bem satisfeitas. A possibilidade da diversificação semiótica da aprendizagem é capaz de aumentar o interesse, haja vista que os conceitos científicos sempre têm a chance de serem apresentados em modos representacionais mais compatíveis com a forma de pensar do sujeito, promovendo, assim, sua participação mais ativa e engajada no processo de aprendizagem. Com isso, a multimodalidade representacional é condizente com os princípios atuais da pedagogia que enfatizam as necessidades de aprendizagem individuais e preferências dos estudantes, além da interação ativa destes com ideias e evidências (TYTLER apud PRAIN & WALDRUP, 2006, p.1844).

Para Waldrup et al. (2010, p. 70) é necessário buscar identificar os processos cognitivos e as condições de comunicação que apóiam a construção do conhecimento em ciência. De acordo com eles, é importante que o estudante utilize um leque diversificado de representações, formais e informais, para se envolver com as práticas e as

intenções da investigação científica. Ao defender a diversificação de representações, os autores entendem que o estudante precisa demonstrar sua capacidade em utilizar corretamente o vocabulário corrente e representações multimodais do discurso científico. Assim como o trabalho de Klein e Kirkpatrick (2010) já mencionado, também utilizamos representações de caráter formal e informal simultaneamente. Esta última, própria do aprendiz, posto que gerada por ele como desenho, no caso do nosso trabalho, tem função de mediadora e suporte para o estabelecimento da primeira.

As pesquisas desenvolvidas nesta linha de estudos indicam, portanto, ganhos de motivação e reforço de aprendizagem quando os estudantes participam de um ciclo de planejamento e revisão guiada por diferentes tipos de representações, em que há uma forte ênfase no esclarecimento das alegações da ciência e suas justificativas. Ao serem as representações geradas pelos próprios estudantes surgem, em resumo, os seguintes acontecimentos: (a) acontece uma interação maior entre os estudantes para identificar os significados, e também, encontrar o entendimento conceitual pretendido pela representação; (b) permite que as representações informais se tornem suporte para esclarecimento dos estudantes, bem como dar um direcionamento para que o estudante encontre pistas para estabelecer conexões com os conceitos científicos e seus significados; (c) faz com que as representações informais adquiram potencial para desenvolver a compreensão dos estudantes, culminando nas representações científicas convencionais (WALDRIP et al., 2010, p. 74).

Dentro da questão das representações semióticas, Peirce (apud OTTE, 2006, p.23) define três tipos de signos indispensáveis em todo raciocínio que são os ícones, índices e símbolos. A diferenciação e classificação de cada um explica-se pelas diferentes espécies de regras semânticas que os regem (FIDALGO, 1998, p.99). Dos três, o primeiro nos interessa destacar em virtude de sua característica intrínseca de exibir similaridade ou analogia com o objeto de discurso, o que o torna mais intuitivo para o aprendiz.

É habitual nas escolas os esquemas convencionais serem introduzidos logo no início do estudo dos circuitos elétricos. Por solicitarem um elevado grau de abstração, o ensino desse conteúdo é uma tarefa normalmente tediosa para a maioria dos estudantes e a aprendizagem acaba se tornado mera memorização e operações mecânicas. Tendo em vista que os signos icônicos necessitam de menor grau de abstração frente aos signos oficiais ou símbolos, e devido à característica de semelhança daquele com o objeto do discurso, como dito, temos que a passagem instrucional primeiramente pelos signos icônicos, via formato de desenho, antes dos símbolos abstratos usados no conteúdo de circuitos elétricos, é um processo educacional produtivo. Ora, o fato dos signos icônicos serem mais evidentes, pode-se favorecer através deles um

melhor entendimento do universo de discurso circunscrito ao conteúdo. Os ícones na forma de desenhos auxiliam a processar os novos conceitos ao fundar um relacionamento não arbitrário e substantivo (MOREIRA, 1999, p. 77) com as idéias prévias, fazendo com que o mecanismo cognitivo, denominado de ancoragem, torne a aprendizagem mais significativa.

Uma estratégia de ensino que encoraje o emprego de desenhos, tomando parte de um momento instrucional, é importante para oportunizar aos estudantes a construção de um qualitativo e intuitivo entendimento do fenômeno, antes de haver domínio de seus princípios quantitativos. Tais entendimentos são elaborados pelo auxílio de relações analógicas entre um conceito alvo de difícil compreensão e aquele que apela para a intuição do estudante. Assim, os desenhos facilitam que representações prévias e inteligíveis do estudante, grosseiramente compatíveis com as teorias científicas aceitas, se dirijam em direção ao ponto de vista científico (CLEMENT et al., 1989). Conforme afirma Duval (2004, p. 62), recorrer a registros analógicos é mais simples e potente que registros de linguagem na forma de textos, fórmulas ou, no nosso caso de interesse, símbolos de esquemas elétricos, pois permitem representar de imediato e na totalidade as relações que constituem um objeto ou uma situação.

Em suma, o modo de representação por desenho tem por função intermediar a passagem do modo 3D para o modo esquemático. A passagem pelos variados modos de representação e a coordenação multimodal entre eles vem no sentido de capacitar o aprendiz a identificar os conceitos subjacentes e a dominar as suas simbologias correspondentes.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A natureza do tratamento de dados é qualitativa e se constitui de desenhos e montagens experimentais individuais produzidos pelos estudantes, auxiliados por entrevistas gravadas. Estas tiveram o objetivo de indicar e melhor interpretar as concepções dos estudantes que se encontravam implícitas nos desenhos, além de complementar informações de leitura destes realizadas pelo observador.

De uma amostra pesquisada constituída de oito estudantes voluntários do terceiro ano do ensino médio, apresentam-se aqui alguns casos típicos que expressam os pontos deste trabalho. Os estudantes pertenceram a uma escola pública da região central da cidade de Cambé - PR.

Os estudantes realizaram as ações aqui propostas em dois dias distintos com intervalo de uma semana, tendo cada encontro aproximadamente duas horas. Os encontros ocorreram nas instalações do colégio e os dados foram obtidos baseando-se na aplicação de uma estratégia didática então estruturada.

Durante todo o primeiro semestre de 2009, um dos pesquisadores da pesquisa atuou como professor regular da disciplina de Física do colégio que, seguindo o currículo

básico para esta série, apresentou noções básicas de eletrodinâmica e uso de multímetro. Ao término do semestre, o professor envolveu os oito participantes nas seguintes etapas:

*Etapa 1 – Transição de representação 3D (montagem experimental) para desenho com estudo das concepções prévias e dificuldades*

No laboratório de Física do colégio, o professor propôs aos estudantes que observassem montagens preestabelecidas por ele de circuitos elétricos, contendo bateria de 9V, lâmpadas pisca-pisca de árvore de natal e chave interruptora. Todos os componentes foram apresentados inseridos numa plataforma adaptada com conexões. Os estudantes foram convidados a ligar a chave interruptora para observar que numa posição desta a lâmpada ascendia e noutra não. Diante dessas condições, aos estudantes solicitou-se que fizessem desenhos de quatro circuitos a eles apresentados, sobre os quais deveriam constar representações dos circuitos com seus elementos e explicações por meio de setas e indicações escritas sobre o sentido da corrente elétrica. Foram quatro circuitos convencionados a serem estudados: a) circuito elétrico simples com uma bateria de 9V, uma lâmpada e chave interruptora (neste caso, pediu-se a realização de desenho com a chave na posição ligada e na posição desligada); b) circuito elétrico com duas lâmpadas em série; c) circuito elétrico com duas lâmpadas em paralelo; d) circuito elétrico misto com três lâmpadas (duas em paralelo seguida de outra em série). Na próxima seção são apresentadas fotos de alguns circuitos montados que exemplificam o padrão 3D aqui mencionado.

Uma entrevista<sup>2</sup> foi efetivada para cada uma dessas quatro situações com o objetivo de auxiliar a entender os problemas conceituais (GOUVEIA, 2007; PACCA et al., 2003) que surgiam relacionados à função da chave interruptora, ao entendimento de circuito aberto e fechado, ao significado dos pólos negativo e positivo da bateria, ao entendimento de voltagem aplicada nas lâmpadas, como também da corrente elétrica. Nessas entrevistas buscou-se refletir com os estudantes quais eram as concepções que eles mantinham relacionadas ao assunto em foco.

*Etapa 2 – Instrução dos símbolos convencionais e uso destes nas representações esquemáticas da etapa anterior.*

Realizou-se uma revisão dos elementos que constituem os circuitos elétricos e uma instrução a respeito dos símbolos convencionais para representar cada elemento do circuito, caracterizando no quadro negro uma referência de apoio (figura 1). Dessas condições, solicitou-se aos estudantes que, diante dos circuitos elétricos inicialmente a eles apresentado na etapa anterior, refizessem suas representações (desenhos) agora na forma convencional

para o circuito em série, para o circuito em paralelo e para o circuito misto. O importante a salientar nesta etapa é que, ao objetivar o uso pelos estudantes dos símbolos próprios dos componentes dos circuitos, tornou-se cabível eventual correção do professor esclarecendo-a ao aprendiz.

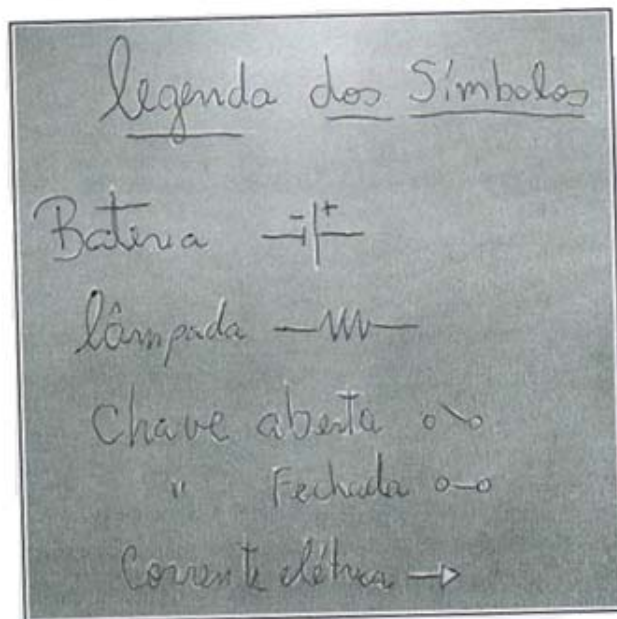


Figura 1 – Legenda para uso dos símbolos oficiais.

*Etapa 3 – Transição de representação esquemática oficial para a representação 3D*

Após a interação com a simbologia oficial, aos estudantes foram fornecidos os seguintes esquemas elétricos a serem seguidos nas montagens: a) Circuito misto – uma bateria de 9V, uma chave interruptora, e quatro lâmpadas, uma em série seguida de três em paralelo; b) Circuito em série – uma bateria de 9V, uma chave interruptora e três lâmpadas em série. Foi cabível aqui eventual correção do professor esclarecendo-a ao aprendiz.

*Etapa 4 – Avaliação do aprendizado com novas montagens por transição de representação 3D para a esquemática oficial*

Nesta etapa foram propostas outras construções mais complexas de associações com mais de três resistências (lâmpadas), permitindo observar o domínio dos aprendizes para com os tipos de ligações e uso da simbologia oficial. Solicitaram-se os seguintes esquemas: a) Circuito misto – uma bateria de 9V, uma chave interruptora, duas lâmpadas em série seguidas de duas em paralelo; b) Circuito em paralelo – uma bateria de 9V, uma chave interruptora, três lâmpadas em paralelo.

#### 4. ALGUNS RESULTADOS

*Estudante E1*

<sup>2</sup> Questões típicas estão exemplificadas na próxima seção.

A figura 2 mostra o desenho produzido por E1 na etapa 1a. A partir dela, encaminhou-se a seguinte entrevista: P – Então E1, neste circuito desligado qual a função da chave para você? E1 – Ela serve para dar o contato e tirar o contato dos fios lá. Ela ligou dois fios na verdade... daí fez... entrarem em movimento (os elétrons), (por) não ficarem isolados (os fios). P – Neste fio aqui você colocou a chave ligada, eu observo que você representou cargas negativas e positivas, as positivas saem do pólo positivo e as negativas saem do pólo negativo, e como é que se produz luz? O que estas partículas negativas e positivas têm a ver com a luz que está sendo produzida na lâmpada? E1 – (Na) hora que elas (as partículas) se juntam aqui, ela (a luz) se forma... os elétrons... P – Então que dizer que esta luz que a lâmpada está produzindo é a junção destas partículas negativas com as positivas? E1 – É... é a junção delas!

O trabalho dialógico aqui estabelecido, focado na representação de desenho do estudante, evidencia uma praticidade em destacar a concepção de ‘colisão de corrente’, fato que o estudante interpreta a luz como resultante do encontro ou choque daquelas partículas<sup>3</sup>. Informação importante para o encaminhamento educacional, a mudança representacional, neste caso do 3D para o desenho, foi capaz de revelar esse raciocínio do estudante que comumente passaria despercebida dentro do ensino mais tradicional de sala de aula.

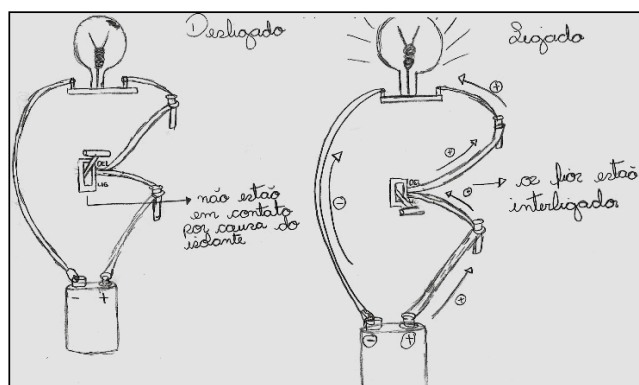


Figura 2 – Desenho de E1 na etapa 1a.

#### Estudante E2

Na etapa 1b, E2 apresentou dúvidas sobre se a resistência do circuito aumentou ou diminuiu em relação à etapa 1a. Diante disso, a mediação dialógica ocorreu da seguinte forma: P – Bem, se é um sistema em série, antes (etapa 1a) tinha uma lâmpada, agora tem duas. Preste atenção, a resistência aumentou ou diminuiu no circuito? E2 – Se você ligar duas (lâmpadas) aumenta! P – Bom, se você tem duas resistências em série, e elas são do mesmo valor, pois as lâmpadas são iguais então quer dizer que a resistência do circuito... E2 - ... aumentou! P – De quanto?... Vamos

supor que a resistência aqui seja de 10hm. Se eu ligar duas em série terei...? E2 – 20hms. P – Então, ela dobrou. É possível que a luminosidade da lâmpada aparente ter caído pela metade? O que é que mudou do circuito simples para este que faz com que a luminosidade caia? No circuito tem-se resistência, corrente elétrica e voltagem. Se pensar que para o circuito elétrico como um todo, a voltagem é a mesma, pois a bateria é a mesma, a corrente elétrica aumentou ou diminuiu?... E2 - ...diminuiu. P – e a resistência total? E2 – Aumentou. P – E a voltagem para cada lâmpada? E2 – É a mesma.

Nessa interação se destaca que, embora a compreensão do aumento da resistência com duas lâmpadas em série tenha sido explorada, bem como sobre a corrente elétrica, há o equívoco a respeito do entendimento se as duas lâmpadas (resistências) estavam com a mesma voltagem.

#### Síntese do modo dialógico com os alunos na etapa 1b

P – Neste circuito em série o que aconteceu com a resistência? E3 – Ela dobrou. P – Para todos vocês esta noção está clara? O que aconteceu com a voltagem na bateria? E3 – Nos terminais da bateria a voltagem continua a mesma. P – O que aconteceu com a corrente elétrica quando passou a ter duas lâmpadas? E3 – Diminuiu pela metade. P – Como aumentou a resistência, a corrente elétrica diminuiu, ok! Agora, o que aconteceu com a voltagem em cada lâmpada? E3 – Continuou a mesma? P – Será? Alguma coisa tem que justificar o menor brilho das lâmpadas. E3 – Por que a voltagem da bateria não consegue suprir mais do que a capacidade máxima de cada lâmpada. Quanto mais tiver para cada lâmpada, no caso, quando está ligada uma só, ela vai ter mais energia, quando tem duas não vai ter energia suficiente para acendê-las, fazendo com que a luminosidade seja menor. P – Então, mas alguma coisa está acontecendo, você já disse que a corrente elétrica diminuiu... E1 – (Que estava na bancada ao lado de A3) A voltagem vai diminuir para o caso de duas lâmpadas. P – É por aí. Se vocês recordarem (falando a todos) dos esquemas que fizemos no quadro (aulas teóricas previamente dadas no primeiro semestre), toda vez que tinha um circuito em série era necessário calcular a voltagem para cada resistência do circuito: voltagem 1, voltagem 2, etc. Vamos ligar o multímetro para confirmar esta idéia. Primeiro nós medimos nos terminais da bateria. O valor está em torno de 7,2V. Agora vamos medir nos terminais de cada lâmpada: em torno de 3,6V (estes valores foram medidos com circuito elétrico ligado e é por este motivo que a voltagem da bateria caiu de 9V para 7,2V). Isto confirma nossas conclusões, o multímetro mostra que a voltagem diminui pela metade! Portanto, o que ocorre com as voltagens em um sistema em série? E3 – Reparte entre as resistências. P – No caso, como as resistências são iguais, ou seja, as lâmpadas são idênticas, a voltagem repartiu igualmente entre elas. Mas se as resistências fossem diferentes, as voltagens seriam diferentes nas lâmpadas.

<sup>3</sup> Problema conceitual recorrente na literatura (PACCA et al., 2003, p. 158).

O professor então concluiu com uma instrução detalhada sobre o comportamento da voltagem em um circuito em série. A noção de que a voltagem divide-se pelo número de resistências, dependendo dos valores destas, em um circuito em série vê-se no comentário de E1 – *A voltagem vai dividir para o caso de duas lâmpadas*. Este processo dialógico foi importante para trazer a tona os problemas conceituais, as dificuldades de entendimento, e aprimorar as noções de física necessárias, preparando-os para as próximas etapas.

*Estudante E1*

P – O conhecimento primário que estudamos de circuitos elétricos em paralelo é de que a voltagem não muda. A resistência... O que acontece com a resistência neste circuito em paralelo? E1 – Diminui. P – Certo. No caso de uma lâmpada ligada, a resistência é uma. Quando há duas lâmpadas iguais ligadas em paralelo, a resistência do circuito cai pela metade. Agora o que precisa ser respondido é o que ocorre com a corrente elétrica? E1 – A corrente elétrica divide(-se) entre as duas, não divide? P – É, mas deixa eu entender o que você disse. A corrente elétrica vai ser maior ou menor no circuito em paralelo? E1 – Maior. P – Portanto, quando eu ligo duas lâmpadas em paralelo a resistência do circuito diminui e a corrente elétrica...? E1 – Aumenta. P – Dê um exemplo na nossa vida cotidiana deste tipo de circuito? E1 – Nossa própria casa. P – Então significa que quanto mais aparelhos eu ligo na tomada... O que ocorre com a corrente elétrica e com a resistência no circuito da casa? Ou seja, pensando na corrente elétrica que está entrando lá no relógio. E1 – A corrente elétrica vai ser maior. P – A cada aparelho que é ligado na tomada, e começa a funcionar, aumenta a corrente elétrica. E a voltagem? E1 – Continua a mesma.

Nota-se dessa interação discursiva que E1 já apresenta noções básicas para explicar corretamente um circuito em paralelo. Pela representação de desenho vê-se que não há mais indicação do modelo de ‘colisão de corrente’, permitindo-se dizer que o estudante mantém apropriação satisfatória da estrutura da associação de resistências em paralelo em circuitos elétricos, cujo raciocínio predominou qualitativamente a primeira lei de Ohm.

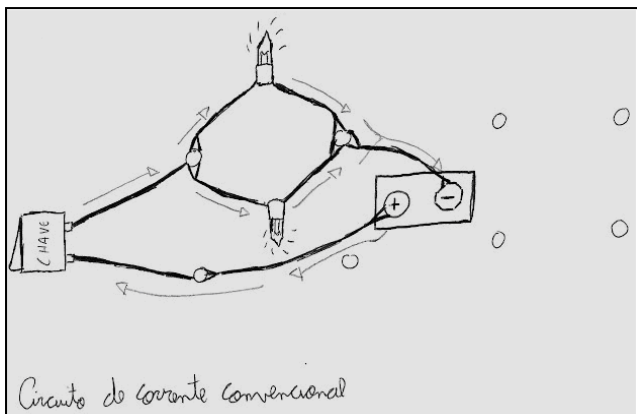


Figura 3 – Desenho de E1 na etapa 1c

*Estudante E4*

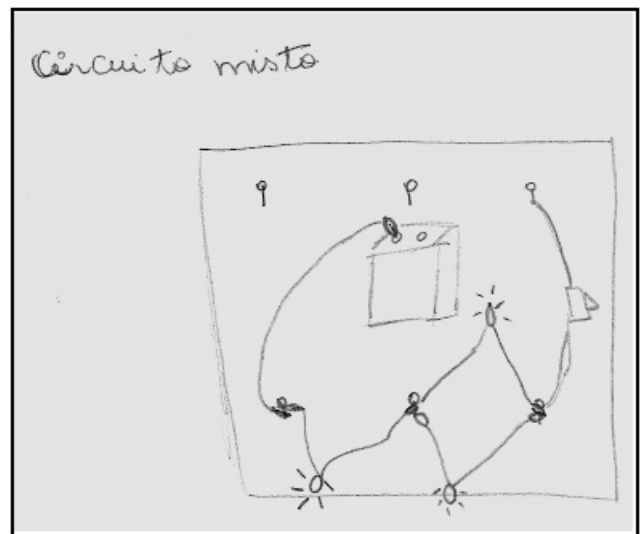


Figura 4 – Desenho de E4 na etapa 1d.

P – Conforme vimos discutindo, como você reconhece agora as ligações deste circuito? E4 – Essa aqui, de uma lâmpada só, está em série e essas duas de lado a lado são em paralelo. P – Qual das duas ligações, que você disse, está recebendo maior voltagem? E4 – A parte que está em série... P – Por que? E4 – Por que a luz tá mais forte! P – O que acontece se eu tirasse uma lâmpada desta (da parte em paralelo)? Acho que vai apagar só ela. P – Onde tem mais resistência, ou seja, onde a resistência elétrica é maior, nestes terminais onde a lâmpada está sozinha ou neste outro onde existem duas lâmpadas em paralelo? E4 – Onde está sozinha. P – E a voltagem, é maior ou menor neste caso? E4 – Menor. P – Então vamos verificar com o multímetro. Entre os terminais com apenas uma lâmpada marca 4,8V e onde tem duas lâmpadas em paralelo marca 1,7V, ou seja... E4 – A voltagem também diminui onde tem duas lâmpadas. Isto significa que a voltagem nos terminais de uma lâmpada é maior do que onde tem duas em paralelo?

Reflexão do professor com a turma: Pois bem, vamos entender o que está ocorrendo no circuito misto. Nós pudemos observar que a voltagem entre os terminais com uma lâmpada sozinha no sistema misto deu 4,8V e nos terminais onde as lâmpadas estão em paralelo deu 1,7V. Isto quer dizer que, nesta parte do circuito onde tem duas lâmpadas em paralelo, a voltagem é menor porque a resistência é menor e, nos terminais da lâmpada sozinha, a voltagem deu maior porque a resistência é maior. Vamos olhar esta folha de papel (desenho), se vocês observarem bem, aqui existe uma resistência que, logo em seguida, o circuito abre em dois, o que nós chamamos de paralelo, passa pelas lâmpadas, junta novamente e volta para a bateria. Acontece o seguinte, este entroncamento aqui é que vai me dar a diferença de voltagem, ou seja, voltagem 1 e 2. Portanto a voltagem 1 está para resistência 1, que

esta sozinha, no entanto, a voltagem 2, está para as duas resistências em paralelo onde, em seu conjunto, a resistência é bem menor, no caso, a metade. O conjunto de duas resistências em paralelo está em série com a resistência sozinha e, pela fórmula que já vimos na sala de aula,  $U=R.i$ , que é a primeira lei de Ohm, temos que, onde a resistência é maior a voltagem é maior, onde a resistência é menor a voltagem é menor. É por isso que nossa medida de voltagem deu maior para a lâmpada sozinha do que para as duas lâmpadas em paralelo.

P – Nós podemos dizer que a corrente elétrica aumentou ou diminuiu em relação a um circuito em série onde não aparece esta parte (duas em paralelo)? E4 – Quando aparece a parte mista a corrente aumentou. P – Certo, como na parte em paralelo do circuito misto há uma redução do valor da resistência do circuito como um todo, então a corrente elétrica tem que ser maior. Assim, o que acontece com a luminosidade das lâmpadas? E4 – Onde tem duas lâmpadas em paralelo a luminosidade é menor. A corrente elétrica na parte paralela está sendo cortada (dividida). P – E para a voltagem o que você diz? E4 – Existe diferença. Onde a lâmpada está sozinha a voltagem é maior do que na parte em paralelo onde a luminosidade é menor.

O processo educacional até aqui permite concluir que o ensino comumente mais focado somente na união da dialogicidade com a atividade experimental (3D) é condição necessária ao aprimoramento dos conceitos no nível em que estão sendo exigidos, mas não suficientes. O uso da representação por desenhos foi fundamental para mostrar o despreparo no uso da simbologia convencional e tranpor uma representação esquemática do circuito elétrico coerentemente com a representação 3D; dificuldade visível no desenho da figura 4 em que E4 apresenta uma conexão imprópria do circuito fechado. Diante disso, o professor alertou E4 para a ligação: P – E4, dê uma olhada no desenho e observe essa parte não conectada à bateria. O que você tem a dizer? E4 – O que... não entendi professor... P – Preste atenção no circuito real, e observe direito a ligação. Você acha que se eu desconectar o fio aqui, do negativo da bateria, as lâmpadas acenderão conforme o desenho que apresentou? Olhe... E4 – Tá certo, to vendo meu erro no desenho... aqui eu tenho que deixar (desenhar) encostado o fio na bateria.

A intervenção acima ocorreu em alguns casos individuais e foi necessária para a tomada de consciência do estudante em tranpor situações 3D para diagrama esquemático. Como resultado da etapa 2, E4 fez os seguintes esquemas solicitados:

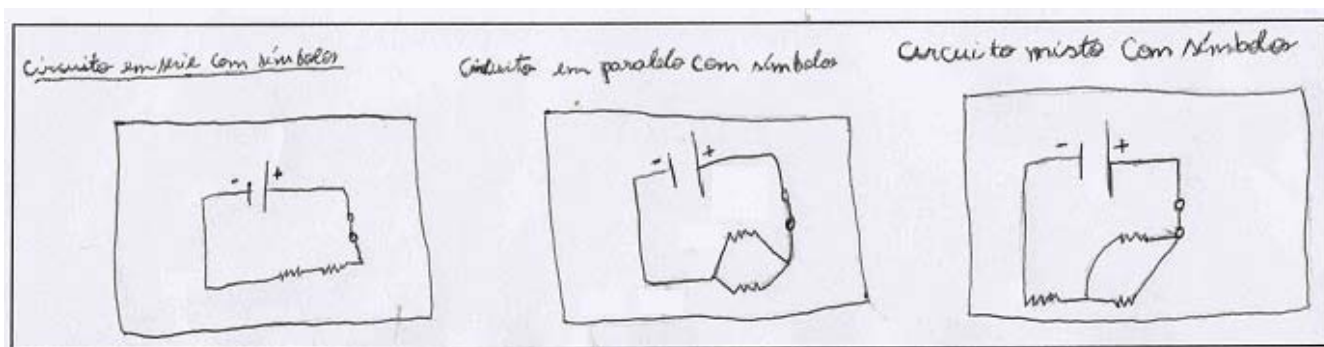


Figura 5 – Desenhos produzidos por E4: circuito em série, circuito em paralelo, e circuito misto.

Destes três esquemas é possível dizer que E4 focou-se na advertência do professor para com seu erro anterior, isto é, em não cometer o equívoco de deixar em aberto alguma ligação de um componente do circuito, e usar a simbologia adequadamente, porém, menos a que indica o sentido da corrente elétrica convencional<sup>4</sup>. Isso revelou, portanto, a necessidade de nova intervenção do professor, o que valida e justifica o uso das próximas etapas em que a presente estratégia exercite a habilidade do educando em tal transposição. Assim, o professor apontou: P – Observe novamente E4, não falta algo em seu esquema? E4 –

Onde...? P – E a simbologia que especifica o sentido da corrente elétrica convencional? E4 – Seria assim? (redesenhou setas onde, pode-se aqui dizer, havia então esquecido). P – Ok.

Como resultado da etapa 3, E4 realizou as duas montagens abaixo (figura 6):

<sup>4</sup> Embora se encontre esquemas elétricos sem a simbologia do sentido de corrente, pois convencionalmente se deveria entendê-la pela simbologia da bateria e disposição de componentes polarizados no circuito, conforme seus símbolos específicos, neste trabalho, como metodologia para melhor compreender o aprendizado, cobrou-se o uso dessa simbologia.



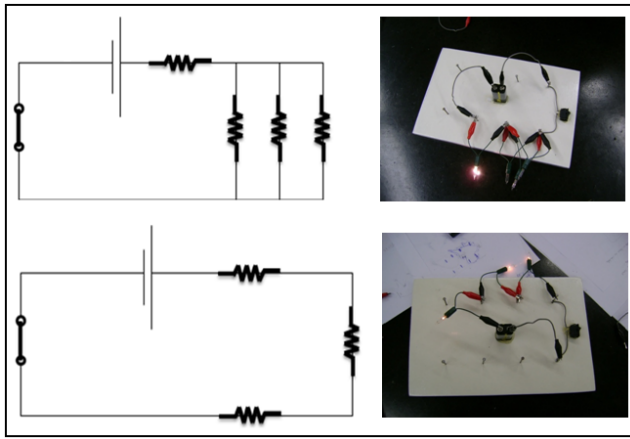


Figura 6

Na parte superior da figura 6 encontra-se o esquema elétrico misto fornecido ao estudante e, na parte inferior, o esquema elétrico com três lâmpadas em série. Ao lado desses esquemas encontram-se as respectivas montagens feitas pelo estudante. Pode-se concluir, nesta etapa 3, que dificuldades em mudar da representação esquemática para a 3D não ocorreram como aconteceu na situação anterior. Isso<sup>5</sup> se deve, muito provavelmente, à possibilidade de o sujeito testar o circuito real, pois, se houver algo não conectado, pelo menos uma lâmpada não acenderá, e esse aspecto diferenciado da representação 3D é característica essencial da mesma para indicar uma correção a ser feita. Por fim, na etapa 4, diante de duas representações 3D diferentes das que o estudante tinha se deparado até então, pode-se dizer que E4 se apropriou das representações esquemáticas (figura 7). Tal superação deve-se à alternância entre as representações, que facilitaram monitorar, corrigir, e exercitar o estudante para níveis mais complexos e avaliativos.

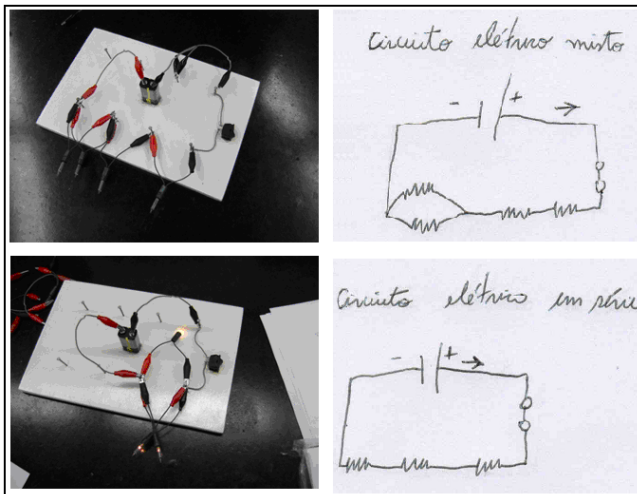


Figura 7

<sup>5</sup> Sem desconsiderar que as interações anteriores ocorridas com as representações 3D foram auxiliares na formação do estudante para esta etapa.

## 5. REFLEXÃO GERAL SOBRE OS RESULTADOS

Os exemplos encontrados foram apresentados mesclando as diferentes representações usadas na estratégia (desenho, 3D, dialógica). Embora o processo educacional mais tradicional de eletrodinâmica tenha sido realizado antes da aplicação desta estratégia, em que é comum a utilização de representações 3D (laboratório), os resultados deste estudo permitem concluir uma aplicação importante do emprego incomum da representação de desenho que se fez, partindo do desenho particular do estudante ao uso da simbologia oficial. Os méritos do uso da representação de desenho foram: auxiliar na detecção de concepções equivocadas (ex.: modelo de 'colisão de corrente' – E1); auxiliar a perceber as dificuldades na construção de diagramas esquemáticos. Neste último caso, o presente estudo procurou expor que mesmo estudantes aparentemente confiantes em usar o discurso científico relativo a circuitos elétricos podem apresentar habilidades relativamente duvidosas na construção de um simples esquema elétrico de uma montagem (ex.: E4), viabilizando ao educador, portanto, adotar uma instrução peculiar como a que aqui se mostrou.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou o desenvolvimento de uma sequência didática para detectar as dificuldades conceituais e problemas de compreensão segundo a proposta de multimodalidade representacional em que o professor se serviu do modo de representação baseado no desenho como instrumento de acompanhamento da construção dos significados científicos por parte dos estudantes. Após um conjunto de quatro etapas propostas, os estudantes foram capazes de alternar entre o modo de representação 3D e o modo de representação esquemático, usado na física, com compreensão e clareza, coordenando os seus significados. No decorrer das mudanças representacionais sugeridas, percebeu-se que o modo de representação pictórico trouxe à tona as dificuldades conceituais dos estudantes ora, pelo seu próprio desenho construído de forma incompleta, ora pela descrição verbal e escrita, como diagnosticado nas entrevistas e legendas dos desenhos. A entrevista que seguiu cada etapa explicitou essas dificuldades e simultaneamente proporcionou ao professor promover um momento de instrução para ajudar os estudantes a superar suas incompreensões.

Em todo o processo estudado, o desenho desempenhou um papel estruturante do entendimento da lógica visual e espacial envolvida nas montagens dos circuitos elétricos e, ainda, das noções necessárias à compreensão do seu correto funcionamento. A representação pictórica teve, portanto, um papel de relevância como conclusão da investigação. Porém, não se pode deixar de apontar que os modos de representação verbal e escrita também tiveram sua influência em toda instrução sustentada.

Ao final da seqüência didática, os esquemas confeccionados pelos estudantes se mostraram corretos. Além disso, os aprendizes foram capazes de fazer a mudança representacional do esquema convencional para o modo 3D com destreza. A destreza e habilidade dos estudantes dão indicação que todas as etapas anteriores, em que o uso do desenho acompanhou as instruções, foram, em sua maioria, eficazes na solução dos problemas conceituais, na apropriação das noções básicas para a montagem de circuitos elétricos e o domínio das suas representações semióticas. Ao fazer a mudança representacional 3D para os esquemas, o estudante sempre pôde consultar o desenho. Esta consulta acabou transformando o desenho em uma espécie de representação-ponte que auxiliou e facilitou a confecção dos esquemas.

Como foi dito numa parte deste artigo, o princípio semiótico maior que está por detrás do que se tentou aqui mostrar é que a formação e aquisição de conceitos permanecem essencialmente ligadas às suas produções semióticas. O grau de domínio do conteúdo demonstrado pelos estudantes ao final das etapas forneceu indicativos de que isso é defensável e a estratégia envolvendo aplicação de múltiplas representações para aprendizagem serve para fortalecer esse argumento.

## REFERÊNCIAS

CLEMENT, J. BROWN, D. & ZIETESMAN, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 5, 554-565.

DUVAL, R. (2004). *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía, Santiago de Cali, Colombia.

FIDALGO, A. (1998). *Semiótica: a lógica da comunicação*. Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, www.bocc.ubi.pt.

GOLBERT, J. & CLEMENT, J. (1999). Learning effects of student-generated diagrams versus student-generated summaries on conceptual understanding of spatial, causal and dynamic knowledge in plate tectonics. *Journal of Research in Science Education*, 36, 39-53.

GOUVEIA, A. A. (2007). *Dificuldades de aprendizagem conceitual em circuitos elétricos reveladas por meio de desenhos*. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

KLEIN, P. D. & KIRKPATRICK, L. C. (2010). Multimodal literacies in science: currency, coherence and focus, *Research Science Education*, 40, 87-92.

LEMKE, J.L.(2003). *Teaching All the Languages of Science: Words, Symbols, Images, and Actions*. Disponível em: <http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/barcelon.htm>. Acesso em 05/04/2009.

MOREIRA, M. A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília, DF, Editora Universidade de Brasília.

OTTE, M. (2006). Mathematical epistemology from a peircean semiotic point of view, *Educational Studies in Mathematics*, 61: 11–38.

PACCA, J. L. A. et al. (2003). Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.20, n.2, p.151-167.

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

RADFORD, L., EDWARDS, L. & ARZARELLO, F. (2009). Introduction: beyond words, *Educational Studies in Mathematics*, 70, 91-95.

SHIPSTONE, J. A. (1984). Study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education*. Vol 18, n2, p.171-188.

TYTLER, R., & WALDRIP, B.G. (2002). Improving primary science: schools experience of change. *Investigating*, 18, 23-26.

VAN METER, P. (2001). Drawing construction as strategy for learning from text, *Journal of Educational Psychology*, 93, 1, 129-140.

WALDRIP, B.; PRAIN, V; CAROLAN, J. (2006). Learning Junior Secondary Science through Multi-Modal Representations. *International Journal of Science Education*, v. 11, n. 1, p. 87-107.

WALDRIP, B.; PRAIN, V; CAROLAN, J. (2010). Using multi-modal representation to improve learning in junior secondary science, *Research Science Education*, 40, 65-80.

**Gilberto Franzoni**

Professor de Física do Ensino Médio no Colégio Estadual Olavo Bilac – Ensino Fundamental, Médio, Normal e Profissional na cidade de Cambé – PR, desde 1994 por meio de concurso público. Graduado em Física (licenciatura em Física e Matemática) pela UEL – Universidade Estadual de Londrina, Especialista em Física para o Novo Ensino Médio pela UEL, mestrando (fase de defesa) em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela UEL.