

DESENHOS: uma estratégia pedagógica para explicitação das dificuldades conceituais no ensino de circuitos elétricos.

DRAWINGS: a pedagogical strategy for the explanation of conceptual difficulties in the teaching of electrical circuits

Amandio Augusto Gouveia¹
Carlos Eduardo Laburuⁱⁱ²
Marcelo Alves Barrosⁱⁱ³

¹Mestrado em Ensino de ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina.

²Depto. de Física, Universidade Estadual de Londrina, laburu@uel.br

³Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, mbarros@dfi.uem.br

Resumo

Este artigo propõe incorporar ao tradicional tratamento da simbologia convencional para estudar circuitos elétricos a linguagem semiótica dos desenhos. A proposta é trabalhar este modo de representação com alunos de ensino médio em paralelo com a oficial. Mostraremos que o modo pictórico tem uma potencialidade de detectar dificuldades conceituais dos alunos, evitando que estas sejam encobertas pela abstrata e antiintuitiva simbologia oficial. A idéia é fazer com que os aprendizes, durante o processo de ensino, possam expressar-se por meio de símbolos diretos e intuitivos, em vez de estarem obrigados a exclusivamente usar as normas e códigos da semiótica oficial, como tradicionalmente é feito. Veremos que a modalidade instrucional baseada nos desenhos dos alunos permite uma oportunidade rica do professor ir acompanhando a construção do conhecimento de seus estudantes.

Palavras chaves:

Desenho, circuito elétrico, dificuldades conceituais, ensino médio.

Abstract

This article proposes the inclusion of the semiotic language of drawings into the traditional conventional symbology used in the study of electrical circuits. The objective is to work this representation mode with high school students together with the official mode. We show that the pictorial mode has the potential to detect students' conceptual difficulties, preventing them from being hidden by the abstract and anti-intuitive official symbology. The idea is to make learners, during the leaning process, express themselves through direct and intuitive symbols, other than having to use norms and codes from official semiotics, as it has been traditionally done. This instruction mode based on students' drawings gives teachers the opportunity to follow their students' knowledge construction process.

Key words: Drawing, electric circuit, conceptual difficulties, high school, drawings

ⁱ Com auxílio parcial da Fundação Araucária.

ⁱⁱ Com auxílio parcial do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

A dificuldade dos alunos em ler imagens e dar-lhes interpretação coerente e compatível com a significação para que foram propostas vem sendo objeto de recentes trabalhos na educação científica (COLIN & VIENNOT 2002; STYLIANIDOU ET AL. 2002). As imagens não podem ser consideradas trivialmente inteligíveis e transparentes para os estudantes. Para uma leitura correta de um documento contendo imagens é preciso um conhecimento de fundo capaz de entrar em ressonância com a mensagem que a imagem pretende transmitir (PINTÓ & AMETLLER 2002: 333 e 335).

Diferentemente dos trabalhos anteriores que estudam a imagem num sentido abrangente, esta pesquisa pretende concentrar a atenção num tipo específico de imagem. Interessa-nos estudar as imagens baseadas em esquemas simbólicos que não têm semelhança direta e imediata com o que está sendo reproduzido e que é indispensável um conhecimento de suas regras, códigos e significados para compreendê-las. Muito utilizados em certos conteúdos de física, os esquemas simbólicos baseiam-se num conjunto de convenções prévias, são deveras abstratos e pretendem figurar o real de maneira geométrica. Apesar do trabalho de Colin & Viennot (2002) ter algumas imagens com essas características, a análise aí realizada, como a dos outros dois trabalhos citados, procuram investigar padrões de leitura que o desenhista pretendeu dar e que podem induzir a uma má interpretação do que querem figurar ou deixam de auxiliar o texto que desejam ilustrar.

Como esclareceremos a frente, partimos do pressuposto de que aprender conhecimentos que dispõem e se utilizam de esquemas simbólicos apresenta uma maior dificuldade para certos alunos. Uma justificativa para isso encontra-se nas adicionais abstração e memorização necessárias envolvidas com os símbolos desses conhecimentos, que outros estudos dispensam. Os símbolos e os esquemas que os articulam formam uma linguagem de códigos, regras e significados próprios que precisa ser aprendida para que os conceitos físicos associados sejam elaborados. E mais importante, quando acontece um mau domínio dessa linguagem seus símbolos e esquemas correspondentes podem encobrir obstáculos conceituais que são fundamentais para o entendimento do conteúdo estudado.

No ensino médio de física, o conteúdo de circuitos elétricos é abundante de simbologias que fogem do senso comum e tornam a aprendizagem problemática para os alunos. Tendo isso em consideração, propomos utilizar a representação por desenhos dos alunos como uma orientação instrucional que potencialize a detecção de dificuldades conceituais de aprendizagem, nesse conteúdo. Tal proposta tem semelhança com a investigação de Pacca et al. (2003). Todavia, esses autores objetivaram usar a linguagem do desenho para entender as concepções dos alunos sobre corrente elétrica, considerando o ponto de vista da estrutura da matéria e da geração dessa corrente. Os sujeitos pesquisados não haviam ainda estudado o assunto ou estavam iniciando. Diferentemente de Pacca et al., utilizamos o desenho como um instrumento pedagógico para identificar as dificuldades de aprendizagem dos estudantes durante uma etapa do ensino de circuitos elétricos.

No fundo, este trabalho pretende mostrar que a incorporação da linguagem de desenhos à linguagem simbólica oficial favorece a explicitação e o acompanhamento das idéias dos alunos do que está sendo ensinado. Constataremos que o modo pictórico tem uma potencialidade de detectar dificuldades conceituais, evitando que estas sejam encobertas pela abstrata e antiintuitiva simbologia convencional. A idéia é fazer com que os aprendizes, durante o processo de ensino de circuitos elétricos, possam expressar-se por meio de sua própria representação, em vez de estarem obrigados usar, de forma exclusiva, as normas e códigos de uma semiótica oficial, como se faz tradicionalmente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nas últimas três décadas do século vinte, o desenvolvimento das pesquisas na área de educação científica teve como resultado a elaboração teórica conhecida pelo nome de modelo de mudança conceitual. Esse modelo passou a ser uma proeminente referência (DUIT, 2003) para a compreensão do processo de aprendizagem científica e de encaminhamento de propostas para o ensino de ciências. Surgido a partir do movimento de concepções alternativas nos fins dos anos setenta, o modelo de mudança conceitual constrói seus fundamentos baseados na filosofia da ciência (POSNER ET AL., 1982) e na psicologia cognitiva (OSBORNE & WITTRICK, 1983).

Com o avanço do modelo, duas estratégias principais de ensino são propostas de modo a haver a promoção da mudança conceitual (SCOTT ET AL., 1991: 312). Uma, de inspiração piagetiana, busca empregar conflitos cognitivos, com o objetivo de colocar as idéias prévias dos estudantes, opostas às científicas, em confronto para promover a mudança conceitual em direção ao conhecimento científico, esperando que o conhecimento prévio do aluno fosse abandonado. Em oposição a essa proposta, uma segunda estratégia faz uso de analogias e metáforas para desenvolver e estender as idéias prévias do aprendiz em direção ao ponto de vista científico, partindo de pontos comuns entre elas e, assim, evitando o confronto direto com as concepções do aluno. Apoiada na teoria de Ausubel (1978), tal estratégia estabelece que esquemas e conhecimentos previamente adquiridos pelo sujeito formem uma base de sustentação para tornar compreensíveis novos significados. A perspectiva ausubeliana estabelece que o conhecimento pré-existente do aprendiz oportuniza criar uma ponte conceitual entre os novos conceitos científicos a serem ensinados e as concepções que o estudante já possui. No processamento dos novos conceitos consegue-se fundar um relacionamento não arbitrário e substantivo com as idéias prévias, por meio de um mecanismo cognitivo denominado de ancoragem, que favorece uma aprendizagem significativa.

O importante ponto a destacar desta segunda estratégia é o fato dela assumir que a mudança conceitual pode ser encorajada quando se provêem oportunidades aos estudantes para construírem um qualitativo e intuitivo entendimento do fenômeno antes de haver o domínio dos seus princípios quantitativos. E é a partir desse pressuposto que propomos a linguagem de desenhos como estratégia de ensino para a aprendizagem de certos conteúdos de física.

Entre os professores é senso comum que os alunos têm grandes dificuldades em aprender certas matérias, em particular a Física. Além de envolver um conjunto de informações e a construção de uma estrutura conceitual hierarquizada de conteúdos, como em geral acontece com qualquer outra matéria, a natureza diferenciada da Física se sobressai em dificuldades adicionais que são de ordem matemática. Acrescentadas a essas complicações, temos dificuldades relativas às destrezas no uso de equipamentos e técnicas de medição, a necessidade de considerações a respeito do conhecimento de fundo que forma a base empírica, além das crenças ontológicas e compromissos epistemológicos (CHINN & BREWER, 1993) que os alunos trazem para a sala de aula, reconhecidamente recalcitrantes à mudança. Todos estes pontos são obstáculos pedagógicos para a aprendizagem do conhecimento físico, podendo inexistir ou ser inexpressiva para outras matérias.

Todavia, dentro do que nos interessa destacar, citemos a necessidade de simbolização que certos conteúdos de física concentram. Com símbolos aqui não estamos a nos referir aos lógicos ou matemáticos, que pertencem ao domínio de dificuldade do conhecimento matemático já apontado, mas às representações convencionais, que envolvem um conhecimento mais de âmbito técnico. A título de ilustração, em óptica geométrica é possível ver representações de raios de luz ou lentes; em mecânica, três eixos ortogonais procuram significar o conceito de referencial; em ondulatória, frentes de ondas ou suas direções de propagação são utilizadas para idealizar ondulações mecânicas;

no eletromagnetismo, linhas de campo são desenhadas com pontos e cruz ou com traços retos ou curvos com pontas de flechas; isso sem mencionar as representações gráficas para tratar as funções matemáticas.

Diferente dos signos icônicos, que apresentam relação de similaridade ou analogia com o referente, os símbolos são signos adotados arbitrariamente, fundamentados numa convenção social e mantêm uma relação instituída, como as letras do alfabeto ou os algarismos (MEDEIROS & MEDEIROS, 2001; REGO, 1998). Na Física, os símbolos são convenientes elaborações para representar e tratar a realidade, simplificando o seu tratamento. Servem de suporte para construção de entidades mentais ligadas a elementos diretamente perceptíveis, ou não, que os modelos incorporam. Assinalemos que certos símbolos físicos procuram guardar, por detrás da sua arbitrariedade figurativa, uma relação íntima, embora rudimentar, com a conceituação que pretendem significar. Essa característica de alguns símbolos auxilia não só a sua lembrança, mas principalmente a sua associação conceitual. É o caso do uso generalizado de flechas para comunicar grandezas físicas conceitualmente distintas como força, velocidade, versores de sistemas de referência, linhas de campo etc., e que têm por finalidade denotar abstratas grandezas vetoriais que, dependendo da concentração ou comprimento das mesmas, sugerem intensidades; símbolos de capacitores procuram identificar objetos constituídos de seções separadas, podendo-se inferir que são uma barreira às correntes elétricas contínuas; o símbolo em ziguezague de resistores elétricos, em oposição aos fios de ligação, insinua a dificuldade para a corrente elétrica atravessar esses dispositivos etc.

Quando isso acontecer caberia ao professor explicitar e tornar tal significado consciente para o aprendiz. Embora se constate que não é costume este recurso ser aproveitado durante as aulas, em princípio é uma ação que se considerada vem a ser cognitivamente produtiva devido à associação conceitual engendrada e que acaba não terminando apenas em auxílio mnemônico de uma rápida recordação ou designação dos objetos representados. Fundamentalmente, essa ação torna-se promotora da aprendizagem do significado que está por detrás do símbolo especificado e da sua correspondente integração. Ao criar vínculos entre os conceitos do conteúdo trabalhado a associação permite uma memorização ativa (Oliveira, 1993: 26).

A Física é um conhecimento que faz uso de enorme quantidade de símbolos como marcas representativas para conceber, esquematizar e associar objetos, sistemas de dispositivos, formas ou fenômenos. Devido à relação de semelhança entre símbolo e referente ser afastada, deve-se ter em mente que adicionada à abstração envolvida com os conceitos de física vem à exigência de memorização e do trato conceitual dos símbolos. A construção do significado e da figuração da codificação não é feita de maneira tão imediata como os professores costumam achar; não é só memorizar por simples associação o símbolo ao objeto ou ao conceito. Trabalhar com símbolos e seus esquemas envolve do aprendiz atividades cognitivas de tratamento e de conversão (DUVAL, 2004: 42), além de um esforço extra de abstração e lembrança que abrange, ainda, a necessidade da superação do caráter, em parte, assustador e de ansiedade que a aprendizagem da simbologia possui, pois o estudo perde o apoio no senso comum e se distancia do sentido concreto.

As atividades de ensino que iniciam por convenções podem fazer com que os alunos cometam erros de codificação triviais e esquematização que mascaram incorreções de conceituação. São erroneamente interpretados pelo professor e professora como simples inexatidão de memorização ou operacionalização dos símbolos. Da mesma forma como fizeram Colin & Viennot (2002), quando se questiona os alunos sobre o que estão compreendendo a respeito de um esquema físico que desenharam de uma situação real, é possível aproveitar as falhas de figuração para discutir verdadeiros problemas de conceituação. Conseqüentemente, os conteúdos que fazem uso de representações simbólicas deveriam estar na esfera de preocupação daquele que instrui.

Assim, uma instrução que incorpore uma linguagem de desenhos à linguagem de códigos oficial e que permita um intercâmbio entre elas potencializa a revelação de dificuldades de aprendizagem como a incompreensão do que está sendo representado e, por decorrência, dos conceitos teóricos envolvidos.

3. A PROPOSTA DA LINGUAGEM PICTÓRICA

Com o objetivo de minimizar os problemas levantados propomos introduzir a linguagem de desenhos produzida pelo próprio aluno e utilizá-la em certos conteúdos de física como estratégia de ensino. O desenho seria um mecanismo provisório de representação pessoal ou interpessoal, por isso, informal, intuitivo e evidente, para imaginar, de forma figurativa, objetos, fenômenos ou situações empíricas que estão começando a ser aprendidos. Seu objetivo é oportunizar que os estudantes iniciem o estudo de conteúdos carregados de simbologias de maneira qualitativa e espontânea, antes que haja uma preocupação maior em estabelecer seus códigos, regras, matematizações e quantificações. Naturalmente, com a ausência dos códigos convencionados, as primeiras representações realizadas pelos sujeitos vão ser uma tentativa de cópia da situação observada, em função de não existir, por parte dos alunos, nenhum comprometimento com convenções pré-estabelecidas, no início da instrução. Assim, num primeiro momento, é espontânea a busca pelo aprendiz de uma semelhança quase fiel entre representado e real. Devido ao desenho pessoal ou interpessoal elaborado ser uma imitação, a linguagem pictórica pode ser categorizada como linguagem baseada em signos de tipo icônicos.

Em termos pedagógicos, então, estamos sugerindo que o processo comunicativo em sala de aula se inicie por meio das representações pictóricas produzidas pelos estudantes, em vez de começar pela apresentação de códigos, regras e definições, como normalmente se faz. Com isso, constitui-se um ambiente de discussões, onde as primeiras reflexões conceituais sobre o assunto são travadas. Quanto à linguagem simbólica oficial, esta poderia ser introduzida passo a passo e em concomitância com a linguagem de desenhos, a fim de contrastá-las e elaborar associações entre elas e os conceitos envolvidos. Assim, muitos obstáculos conceituais e de simbolização despontariam, podendo os mesmos ser discutidos e superados junto aos aprendizes nessas etapas, mas que se deixados para serem debatidos junto a uma obrigatoriedade de uma prévia codificação, muito provavelmente, sofreriam dos problemas levantados. A articulação exclusiva da simbologia oficial só numa etapa a posteriori deveria estar exigida.

A princípio, então, o uso de desenhos pretende ser um mediador que estimula e simplifica a aprendizagem, na medida em que não parte diretamente das simbologias convencionais e antiintuitivas que afastam o aluno, num primeiro contato com o assunto, de um entendimento mais satisfatório do que está sendo estudado. Ao mesmo tempo, seu uso torna-se um mecanismo de menor obstáculo para o surgimento de discussões de problemas e de incompreensões conceituais, que se mostram prejudicados quando atrelados às simbologias científicas. Com papel de representação intuitiva inicial, a linguagem por desenho é um instrumento de ensino que potencializa perscrutar, com mais acuidade, o tipo de raciocínio que está sendo desenvolvido e construído, tornando-se uma alternativa natural para explicitar os problemas conceituais dos estudantes. Por último, a sua intermediação vem auxiliar, sem receios, a utilização dos símbolos convencionados, na medida em que estes já perdem o seu caráter intimidante de linguagem hermética e têm agregados seus significados. A simbolização pictórica se coloca, portanto, como uma proposta para iniciar e acompanhar a instrução com a finalidade de indiretamente abordar a representação simbólica, tendo como preocupação o conteúdo associado a ela, por percepção bem mais mediata e substantiva do que quando se principia a instrução pelos códigos e regras.

É de se perceber que a linguagem através de desenhos permite-nos fazer uma aproximação com o conceito de exemplo-âncora. Esta se dá quando a imaginamos como um encaminhamento didático que estimula as intuições do estudante e a exploração dos seus conhecimentos, visando à facilitação e a apreensão de noções mais abstratas. Lembrando, o exemplo-âncora é definido como um suporte auxiliar para a escalada conceitual em direção à construção de novos conceitos não intuitivos e de maior qualidade hierárquica, que parte das concepções prévias do sujeito para realizar maiores abstrações conceituais, com a finalidade de que estas últimas se liguem à rede conceitual do aluno.

Dentre os conteúdos do ensino médio de física que utilizam símbolos, o conteúdo de circuitos elétricos sobressai em quantidade. Nele podemos constatar vários códigos e signos que são distantes das coisas que concebem. Para citar alguns, sejam os símbolos usados de capacitor, resistência elétrica, baterias, chaves conectoras, lâmpadas e fios elétricos. No caso destes últimos, eles são figurados como retas quase sempre simetricamente associadas, ligadas em noventa graus e convergindo num único ponto ou nó, dependendo da conveniência e simetria do esquema simbólico.

Tendo em vista que existe um vínculo solidário entre entender certos conceitos físicos envolvidos no estudo de circuitos elétricos e operacionalizar sua esquematização simbólica de maneira correta e consciente, de modo que o aprendiz seja capaz de traduzir de maneira inteligível o que se acha subjacente à codificação produzida; ou que simplesmente lembrar códigos e regras, assim como fórmulas, não demonstra domínio conceitual do conteúdo, então, conseguir que o aprendiz ultrapasse a simples memorização ou cópia involuntária desses códigos é o objetivo que o professor sempre se coloca. Partindo disso, o objeto de nosso interesse volta-se para capacidade do emprego da linguagem pictórica em identificar as concepções dos alunos que aparecem quando em processo de ensino. Em termos mais sintéticos, pretendemos observar a potencialidade da estratégia pedagógica baseada no desenho dos alunos em explicitar e apontar suas dificuldades conceituais quando do estudo de circuitos elétricos.

4. METODOLOGIA

Com base num tratamento de dados qualitativo (Lüdke & André, 1986), procuramos nos preocupar em rastrear, de maneira geral, a compreensão e incompreensão dos alunos relativa aos aspectos conceituais atreladas à representação simbólica, por meio de análise do material escrito dos sujeitos em atividades instrucionais, a seguir descritas.

A amostra pesquisada foi composta vinte e seis alunos do ensino médio de uma escola pública do centro de Apucarana, no estado do Paraná. Foram observados oito alunos, casualmente selecionados de uma classe de terceiro ano, em situação regular de sala de aula.

Os dados foram obtidos por meio de registro em papel dos alunos em quatro atividades instrucionais, e da constatação das suas concretas montagens, complementados por entrevistas individuais gravadas para extrair as conceituações, esclarecer os trabalhos arquitetados no papel e nas montagens construídas com objetos reais. Tais atividades serão detalhadas a seguir.

A primeira atividade consistiu em fazer um desenho de um circuito elétrico simples capaz de acender uma lâmpada. Além de mostrar todas as ligações, os alunos deveriam representar por meio de setas o sentido da corrente elétrica. Esta atividade permite ao professor obter informações sobre como os alunos estão desenvolvendo a noção de circuito fechado e se apresentam o “modelo de colisão de corrente”. (SHIPSTONE, 1988)

Na segunda atividade, foi solicitada aos alunos a representação, por meio de desenhos, de um circuito elétrico com três lâmpadas idênticas em série. O objetivo desta atividade consistiu em verificar possíveis dificuldades quanto às características de uma associação em série.

Em seguida, na terceira atividade foi solicitado aos alunos que representassem, por desenhos, uma associação em série e outra em paralelo, composta de duas lâmpadas alinhadas de modo diferente da simetria habitual para essas ligações. O objetivo é verificar se o aluno estava associando, incorretamente, o tipo de associação com a sua disposição geométrica e aplicar os conceitos estudados em contextos diferentes.

Na quarta atividade, os alunos receberam um circuito composto de quatro lâmpadas associadas em paralelo duas a duas, Figura 3, com o qual puderam interagir durante as explicações do professor. Em seguida foi solicitada a sua representação.

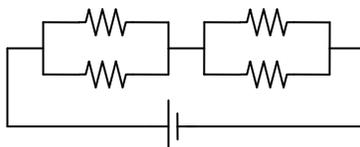


Figura 1: Circuito elétrico utilizado na atividade 4.

Com exceção da terceira atividade todas as outras só foram realizadas após os alunos terem construído um circuito elétrico com lâmpadas de pisca-pisca de Natal, chave interruptora e uma bateria. Para a confecção dos circuitos correspondentes a cada atividade, o professor, utilizando de aulas expositivas, já tinha desenvolvido o estudo dos conteúdos pertinentes a cada atividade.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

As dúvidas e erros como veremos estarão no âmbito da elaboração da esquematização e concomitante conceituação, que mostram vínculos com as conhecidas concepções alternativas mantidas pelos alunos sobre o assunto (cf., p.ex., Saxena, 1992; Shipstone et al. 1988; Solomon et al. 1985). A esfera de discussão que se deseja atingir, nesta unidade, tem a intenção de ficar limitada às questões de esquematização e aos conceitos que as acompanham.

Na análise das figuras usamos as falas dos alunos, entre aspas e itálico, para descrever os erros de representação e raciocínios. Cada aluno está exemplificado numa única atividade. A seguir quatro exemplos das atividades, os nomes são fictícios.

5.1 DESENHO DA ATIVIDADE 1 DA ALUNA CAMILA:

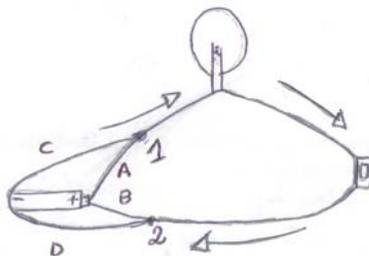


Figura 2: Desenho de um circuito elétrico simples da aluna Camila.

Pela representação da Figura 2, identificamos um conjunto de erros de representações indicando problemas conceituais. O primeiro é quanto à quantidade de fios ligados na pilha, que

deveria ser um fio ligado do pólo positivo ao primeiro terminal da lâmpada e o outro da chave até o negativo da pilha, ou vice-versa, portanto um fio ligado em cada pólo do gerador. Conforme podemos observar dos pólos positivo e negativo da pilha estão conectados quatro fios: A,B, C e D interligados nos pontos 1 e 2 da Figura 2.

A representação do circuito elétrico da aluna Camila indicaria imediatamente a sua concepção de corrente elétrica, se ela já tivesse representado o sentido da corrente nos fios A, B, C e D. Contudo, a aluna coloca a seta indicativa a partir do ponto 1, no qual “as cargas se juntam” e, após a chave até o ponto 2, nas quais as cargas “voltam para os seus pólos” e reinicia-se todo o processo até o momento em que “acaba a energia da pilha”.

Essa concepção de que a corrente elétrica é formada pela junção das cargas positivas e negativas leva a aluna a cometer o segundo erro de representação, os curtos-circuitos nos pontos 1 e 2. E, ao ser indagada pelo professor, mesmo olhando para a seu desenho, não percebe o seu engano, respondendo que a diferença de potencial entre os pontos 1 e 2 era de 1,5 V.

Outra concepção presente é a pilha como fonte de corrente como mostra a fala: “a corrente que sai da pilha vai passando pelos fios, chega até a lâmpada que está ligada a uma chave e retorna para a pilha e aí completa o circuito”. Podemos perceber, também, por essa resposta, um raciocínio linear baseando-se nos objetos concretos que conhece, corrente que sai da pilha que percorre todo o circuito, que irá funcionar “até acabar a energia da pilha”. Substancializa idéias abstratas ao considerar a eletricidade como “algo de material que parte de uma fonte e que atravessa os diferentes elementos de um circuito”. (SANTOS, 1991, p.104)

O desenho da aluna Camila indicou não apenas problemas conceituais por meio dos seus erros de representações, mas revela, também, por não haver nenhum ponto aberto no seu desenho, o aprendizado da noção de circuito fechado, pelas setas que indica o sentido da corrente verifica-se também que a aluna não possui o “modelo de colisão” de corrente.

5.2 DESENHO DA ATIVIDADE 2 DO ALUNO RONEY

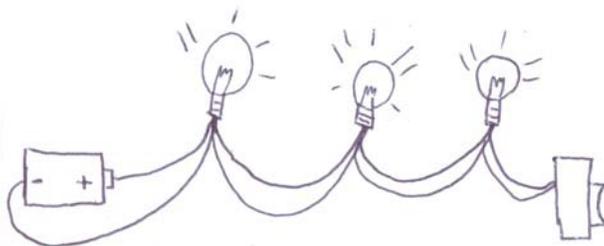


Figura 3: Desenho de um circuito elétrico em série do aluno Roney.

Na representação simbólica do aluno Roney, Figura 3, identificamos uma série de erros de representações. As lâmpadas estão em curto-circuito com os dois fios que saem da pilha conectados em um mesmo terminal da lâmpada, a chave está fora do circuito sem nenhuma função, além de o aluno não compreender o que seja uma ligação em série. A sua afirmação de que “todas as lâmpadas acenderão” está incorreta, mesmo ao representar as lâmpadas acesas, pois, pelo tipo de conexões entre elas, nenhuma acenderá.

Ao efetuar esse tipo de ligação da primeira lâmpada até a chave, pensa estar fazendo uma ligação em série. O aluno diz: “eu liguei os dois fios que saem da pilha na primeira lâmpada, em

seguida, liguei na segunda e, depois, na terceira, fazendo uma ligação em série". O aluno tem a convicção de que as representações de suas ligações estão corretas, quando afirma: *"eu levei os dois fios no mesmo ponto de cada lâmpada"*. E reafirma que estão certas. O que está coerente com a sua visão da formação de luz na lâmpada, quando a *"carga positiva é ligada em um fio, e a negativa em outro. Quando chega na ponta da lâmpada, elas se unem fazendo com que a lâmpada acenda porque as forças opostas se atraem e isso faz com que a lâmpada acenda"*

Como dissemos na quarta seção, os circuitos reais que os alunos trabalharam foram com lâmpadas de árvores de Natal, por possuírem os dois terminais bem separados, com o propósito de evitar erros de percepção. Na afirmação de Roney: *"eu desenhei uma lâmpada comum de casa"*, fica evidente a sua concepção incorreta. O simples procedimento diário de manipulação de uma lâmpada comum caseira, aliado à falta de conhecimento conceitual sobre corrente elétrica, pode reforçar ou induzir à concepção de que lâmpadas só precisam de uma conexão para funcionar. Como mostra Engelhardt & Beichner (2004), um terço dos sujeitos pesquisados por eles acreditavam que, nas lâmpadas, só há necessidade de uma conexão, localizada no fundo da lâmpada, para acioná-la.

É natural, portanto, que as ações diárias com lâmpadas ou outras conexões conduzam ao entendimento de que a passagem da corrente elétrica se dê por um único fio condutor e que isso seja suficiente para o funcionamento dos dispositivos elétricos. Frequentemente, nos dispositivos elétricos a que temos acesso no dia-a-dia, o par de fios de seus terminais de conexões não estão explícitos por questão de facilidade operacional e de segurança. Assim, desprovido de uma compreensão teórica prévia, se é facilmente conduzido a pensar que as lâmpadas e outros componentes elétricos podem funcionar apenas com uma conexão ou terminal.

5.3 DESENHOS DA ATIVIDADE 3 DA ALUNA GRAZIELE



Figura 4: Associações em série da aluna Grazielle com simetrias diferentes.

A Figura 4 representa o desenho de uma associação de duas lâmpadas em série, da aluna Grazielle, dispostas de maneiras diferentes com relação a sua simetria. Em série significa que as resistências estão ligadas por fios uma depois da outra e que se aplica uma diferença de potencial V entre as duas extremidades da série, onde as cargas podem se mover ao longo de apenas um caminho.

Como podemos observar, no lado esquerdo da Figura 4, as lâmpadas estão dispostas horizontalmente. Essa disposição facilita efetuar as ligações em série, o que Grazielle faz corretamente, indicando a corrente elétrica ao longo de apenas um caminho. Contudo a aluna não

aplica, corretamente, os mesmos conceitos e regras de representações de circuitos elétricos, quando desfeita a simetria horizontal.

Na associação em que as lâmpadas estão dispostas na vertical, Figura 4, do lado direito, o grau de complexidade da ligação em série evidencia a não estruturação do conceito de circuito fechado. A lâmpada dois está com apenas um dos seus terminais ligados, deixando o circuito aberto nesse ponto, desse modo não existe percurso condutor entre os terminais da pilha por esta lâmpada.

Apesar de Grazielle responder, de modo satisfatório, a indagação do que ela entende por ligação em série e ter também representado, corretamente, quando a simetria da representação é horizontal, isto não é garantia de que tenha estruturado o significado desse tipo de associação, pois ela não consegue aplicar as mesmas regras e nem há indícios no seu desenho, da Figura 4, do lado direito, de que esteja realmente claro, na sua estrutura cognitiva, o que significa uma ligação em série.

Na entrevista temos evidências de que a aluna explica o que entende por ligação em série, acompanhando os fios das ligações: “*de um fio você liga desse ponto (mostrando o ponto A) e vai passando até chegar na última lâmpada.* (Segue com a lapiseira os fios em série da Figura 4 do lado esquerdo). E, ao ser questionada sobre qual é a dificuldade de se fazer uma ligação em série numa disposição geométrica diferente da habitual, não sabe explicar.

Esses resultados demonstram que é interessante que se usem desenhos, com técnicas que violem a simetria visual conjugada com a palavra. Ou seja, as semióticas visuais e lingüísticas estão associadas por condicionamento e não por significação.

5.4 DESENHO DA ATIVIDADE 4 DO ALUNO DANIEL

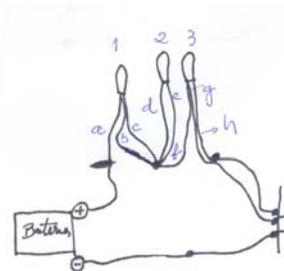


Figura 5: Representação por desenho do aluno Daniel.

O aluno, ao ser questionado sobre o porquê do seu desenho não bater com o real, faltando inclusive a quarta lâmpada, responde que foi falta de atenção. Diante dessa resposta, percebemos um erro primário por parte de Daniel, sua dificuldade de conseguir representar aquilo que vê de um modo fidedigno.

Contudo, no transcorrer da entrevista, Daniel apresenta outra justificativa em dois momentos. No primeiro, o aluno diz: “*se eu tivesse pensado, com certeza teria feito certo, porque é só copiar o desenho do circuito*”. Imaginamos que o aluno quis dizer com isso que, se tivesse apenas copiado o circuito, sem levar em consideração o seu conhecimento do objeto, não teria errado na representação. O próprio aluno confirma essa suposição, mais adiante, ao falar que preocupou “*mais em fazer o circuito do que copiar o circuito*”.

Dentre todos os casos analisados, Daniel é o mais curioso e o que melhor mostra a importância da aplicação didática da idéia dessa linguagem. É o mais curioso, em virtude do grau de

deformação apresentado em relação aos observáveis. Além de mostrar ligações inapropriadas ou faltantes, como vimos também nos outros estudantes, Daniel chega ao extremo de eliminar uma lâmpada e adicionar fios inexistentes ao circuito elétrico a ser reproduzido. E a razão para tê-lo feito desta forma, como se pode concluir da sua fala, está na essência da idéia de desenhos que é “fazer” um circuito resultado do sentido que o aluno está dando para ele. Assim, a deformação dos observáveis para esse e os outros aprendizes, que se encontram engajados no processo de ensino e que, portanto, não estão simplesmente “copiando” o que vêem, é fruto do raciocínio dos aprendizes, logo, de como eles estão entendendo o comportamento do circuito elétrico focado.

Vejamos: as lâmpadas um e três possuem três fios, a lâmpada dois, apesar de ter os dois fios necessários para a sua correta ligação, se encontra em curto, no ponto quatro do circuito e a chave apresentam três terminais, o que é possível quando se pretende desligar um circuito, ligando um outro, o que não era o nosso caso. Contudo, o aluno mostra pela sua representação a aprendizagem da noção de circuito fechado. O aluno demonstra não saber que a corrente elétrica em um circuito depende da sua configuração, ao afirmar que daria na mesma ele colocar três, quatro, cinco ou dez lâmpadas.

6. CONCLUSÃO:

Sem dúvida, a simbologia é tratada como algo periférico no processo de entendimento conceitual e, por isso, tem merecido pouca atenção nas discussões da educação científica. Todavia, apesar de periférica, ela se torna um elemento a mais de empecilho na trajetória de compreensão conceitual do aprendiz e é desse ponto de vista que a proposta da linguagem pictórica vem a se colocar.

As atividades desenvolvidas, por utilizarem uma linguagem de representação mais próxima dos alunos, os tornam mais espontâneos, despertam mais atenção, e todos, num primeiro momento de aprendizagem, têm a possibilidade de realizá-las independentemente da competência particular de cada um no domínio da simbologia. Os erros cometidos não foram decorrentes da linguagem abstrata ainda não dominada, mas devidos às concepções errôneas ou incompletas dos alunos.

A modalidade instrucional baseada nos desenhos dos alunos permite uma oportunidade rica do professor ir acompanhando a construção do conhecimento de seus estudantes. Conseqüentemente, o professor pode atuar prontamente no sentido de ajudar os alunos a superar seus obstáculos, numa linguagem mais próxima dos aprendizes, em vez dos conceitos serem tratados junto com uma codificação mais abstrata, exigindo um esforço cognitivo maior que, em um primeiro momento, seria bom evitar.

Portanto, sugerimos que o seu emprego se antecipe à utilização das codificações, esquemas e regras oficiais a serem ensinadas quando da aprendizagem de determinados conteúdos de física, servindo de mediador para estimular reflexões e discussões junto aos alunos, a fim de superar os problemas conceituais envolvidos com o conteúdo.

Finalmente, após este estudo nos perguntamos: Que sentido tem de exigir, logo no começo do processo de instrução, representações oficiais dos alunos, quando eles carregam um conjunto de problemas conceituais que aqui foram evidenciados pelos seus próprios desenhos?

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitiva*, México, Trilhas, 1978.

- CHINN, C. A. & BREWER, W. F. The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1, 1-49, 1993.
- COLIN, P. & VIENNOT, L. Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views, *International Journal of Science Education*, 24, 3, 313-332, 2002.
- DUIT, R. Conceptual Change: a powerful framework for improving science teaching and learning, *International Journal of Science Education*, 25, 6, 671-688, 2003.
- DUVAL, R. *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*, Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía, Santiago de Cali, Colombia, 2004.
- ENGELHARDT, P.V. & BEICHER, R.J. Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*. Vol 72, nº1, January, 2004.
- LÜDKE, M. & ANDRÉ, M. E. M. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MEDEIROS, A. & MEDEIROS, C. Questões Epistemológicas nas Iconicidades de Representações Visuais em Livros Didáticos de Física, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, I(1) 103-117, 2001.
- OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky, aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico*. Série Pensamento e Ação no Magistério. Editora Scipione, São Paulo, SP, 1993.
- OSBORNE, R. J. & WITTRICK, M.C. Learning science: a generative process, *Science Education*, 67, 4, 489-508, 1983.
- PACCA, J. L. A. ET AL. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20, 2, 151-167, 2003.
- PINTÓ, R. & AMETLLER, J. Students' difficulties in readings images. Comparing results from four national research groups, *International Journal of Science Education*, 24, 3, 333-341, 2002.
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982) Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2): 221-227.
- REGO, T. C. *Vygotsky: Uma Perspectiva Histórico-culturais da Educação*, Editora Vozes, 6ª Edição, 1998.
- SANTOS, M. E. *Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte, 1991
- SAXENA, A. B. An attempt to remove misconceptions related to electricity. *International Journal of Science Education* 14(2), 157-162, 1992.
- SCOTT, R., ASOKO, H. M. & DRIVER, R. Teaching for conceptual change: a review of strategies. In: *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremen*, Duit, R. et al.(Eds), 310-329, 1991.
- SHIPSTONE, D. M., von, RHÖNECK, C., JUNG, W., KÄRRQVIST, C., DUPIN, J. J., JOSHUA, S. & LICHT, P. A study of students' understanding of electricity in five European countries, *International Journal of Science Education*, 10, 303-316, 1988.
- SOLOMON, J., BLACK, P., OLDHAM, V., STUART, H. The pupils' view of electricity. *European Journal of Science Education* 7(3), 281-294, 1985.
- STYLIANIDOU, F., ORMEROD, F. & OGBORN, J. Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them, *International Journal of Science Education*, 24, 3, 257-283, 2002.