



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AMANDIO AUGUSTO GOUVEIA

DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM CONCEITUAL EM CIRCUITOS ELÉTRICOS REVELADAS POR MEIO DE DESENHOS

**LONDRINA
2007**

AMANDIO AUGUSTO GOUVEIA

**DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM CONCEITUAL EM
CIRCUITOS ELÉTRICOS REVELADAS POR MEIO DE
DESENHOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina.

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo
Laburú**

LONDRINA

2007

AMANDIO AUGUSTO GOUVEIA

**DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM CONCEITUAL EM
CIRCUITOS ELÉTRICOS REVELADAS POR MEIO DE
DESENHOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Orientador Dr. Carlos Eduardo Laburú
Universidade Estadual de Londrina

Prof^a. Dr^a Jesuína Lopes de Almeida Pacca
Universidade de São Paulo

Prof^a. Dr^a Maria Inês Nobre Ota
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 13 de setembro de 2007.

A Deus, que me concedeu garra e tempo
para a realização deste trabalho.

À minha esposa, pelo estímulo e carinho.

À minha filha, pela paciência e amor.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, por sua orientação, paciência e apoio em todos os momentos.

Às Prof^ª Dr^ª Jesuína Lopes de Almeida Pacca e Prof^ª Dr^ª Maria Inês Nobre Ota, pelo cuidado especial ao realizar as sugestões no exame de qualificação.

Aos Professores do Curso de Mestrado em Educação Matemática e Ensino de Ciências, com os quais tive contato durante o curso, pelo convívio, apoio e conhecimentos adquiridos.

Ao Prof. Ms Osmar Henrique Moura da Silva, pelas sugestões que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos colegas do mestrado, pela amizade construída.

Aos colegas do grupo de estudo do Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, que certamente contribuíram na elaboração deste trabalho.

A aranha realiza operações que lembram o tecelão, e as caixas suspensas que as abelhas constroem envergonham o trabalho de muitos arquitetos. Mas até mesmo o pior dos arquitetos difere, de início, da mais hábil das abelhas, pelo fato de que, antes de fazer uma caixa de madeira, ele já a construiu mentalmente. No final do processo do trabalho, ele obtém um resultado que já existia em sua mente antes de ele começar a construção. O arquiteto não só modifica a forma de que foi dada pela natureza, dentro das restrições impostas pela natureza, como também realiza um plano que lhe é próprio, definindo os meios e o caráter da atividade aos quais ele deve subordinar sua diferir.

Karl Marx, O capital.

GOUVEIA, Amandio Augusto. **Dificuldades de aprendizagem conceitual em circuitos elétricos reveladas por meio de desenhos** . 2007. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

RESUMO

O presente trabalho analisa e propõe incorporar a linguagem semiótica dos desenhos ao tradicional tratamento da simbologia convencional para estudar circuitos elétricos. Tal idéia surgiu da leitura de recentes pesquisas sobre a dificuldade dos alunos em ler imagens e dar-lhes interpretação coerente e compatível com a significação para a qual foram propostas. Procuramos investigar esta estratégia pedagógica, mediada por desenhos, com alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública, a fim de rastrear a operacionalização e a formação de conceitos e seu referente simbólico, identificando as reflexões insatisfatórias dos alunos, para poder corrigi-las. Finalmente, os resultados da pesquisa apontam que esta abordagem contribui para o desenvolvimento da função simbólica e para uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: desenhos; mudança conceitual, circuitos elétricos; aprendizagem significativa.

GOUVEIA, Amandio Augusto. **Difficulties of conceptual learning in electric circuits revealed through of drawings** . 2007. 135 f. Thesis (Master's Degree in Science Education and Mathematical Education) – State University of Londrina, Londrina, 2007.

ABSTRACT

The present work analyzes and proposes to incorporate the language semiotics of the drawings to symbology traditional treatment conventional to study electric circuits. Such an idea evolved from recent research on students' difficulties in reading images and in giving them a coherent interpretation compatible with their proposed meanings. We investigate a pedagogical strategy mediated by drawing, using Senior level students from a public High School, to scan the operationalization and development of concepts and their symbolic referential, identifying the unsatisfactory reflections of the students, and giving them the chance to correct them. Finally, results from this research point out that this approach has contributed to the development of the symbolic function and of a significant learning experience.

Key words: drawing, conceptual change; electric circuits; significative learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Um modelo de reconciliação vertical. Adaptado de Moreira e Masini (1982).....	26
Figura 2 - Analogia entre os conceitos de hidráulica e circuitos elétricos.....	27
Figura 3 - Seqüência de imagens em ordem decrescente de iconicidade.	28
Figura 4 - Percurso evolutivo de uma representação gráfica (Lopes, 2004).	42
Figura 5 - Atividade 1A proposta por Barros (1999), na sua dissertação de mestrado.	43
Figura 6 - Desenho de um circuito elétrico da pesquisa de Pacca et al (2003).....	45
Figura 7 - Desenhos de circuitos em série e paralelo da pesquisa de Prain e Waldrip (2006).	46
Figura 8 - Circuito elétrico com três lâmpadas idênticas em paralelo (Duit, 1997).	52
Figura 9 A - Circuito Elétrico em série com $R_1 = R_2 = 10\Omega$	52
Figura 9 B - Circuito Elétrico em série com $R_3 = 20 \Omega$ e $R_2 = 10 \Omega$	52
Figura 9 C - Circuito Elétrico em série com $R_1 = 10 \Omega$ e $R_3 = 20 \Omega$	52
Figura 10 - Circuito elétrico misto com lâmpadas iguais.	53
Figura 11 - Materiais utilizados na atividade 1.	58
Figura 12 - Circuito elétrico utilizado na atividade 2.	59
Figura 13 - Circuito elétrico utilizado na atividade 4.	61
Figura 14 - Desenho de um circuito elétrico simples da aluna Camila.	62
Figura 15 - Desenho de um circuito elétrico simples da aluna Flaviane.....	65
Figura 16 - Desenho de um circuito elétrico em série do aluno Roney.	68
Figura 17 - Desenho de um circuito elétrico em série do aluno Gabriel.	70
Figura 18 - Desenho de um circuito elétrico em série do aluno Alexsander.....	73
Figura 19 - Associações em série da aluna Grazielle com simetrias diferentes.....	75
Figura 20 - Associações em paralelo da aluna Grazielle com simetrias diferentes.....	77

Figura 21 - Associações em paralelo do aluno Marcos com simetrias diferentes.	78
Figura 22 - Associações em série do aluno Marcos com simetrias diferentes.	82
Figura 23 - Representação por desenho do aluno Ricardo.	84
Figura 24 - Circuito redesenhado pelo aluno James na sua primeira tentativa.	86
Figura 25 - Representação por desenho do aluno Daniel.	87

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Dificuldades conceituais e concepções alternativas em circuitos elétricos.	49
QUADRO 2 - Síntese das dificuldades encontradas.	89

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.1 O USO DE IMAGENS NO CONTEXTO PEDAGÓGICO	17
1.2 MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL	21
1.3 ORGANIZAÇÃO DO ENSINO	25
1.4 HOMEM: UM SER SIMBÓLICO	29
1.5 A FÍSICA E SUA SIMBOLOGIA	34
1.6 A PROPOSTA DA LINGUAGEM PICTÓRICA	39
1.7 OUTROS TRABALHOS CORRELACIONADOS	42
1.8 CIRCUITOS ELÉTRICOS	47
2. METODOLOGIA	55
2.1 NATUREZA DA PESQUISA	55
2.2 O CONTEXTO INVESTIGADO	56
2.3 PROCEDIMENTOS E COLETA DE DADOS	57
2.3.1 Atividade 1	57
2.3.2 Atividade 2	59
2.3.3 Atividade 3	60
2.3.4 Atividade 4	60
3. ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS	62
3.1 DESENHOS DA ATIVIDADE 1	62
3.1.1 Aluna Camila	62
3.1.2 Aluna Flaviane	65
3.2 DESENHOS DA ATIVIDADE 2	67
3.2.1 Aluno Roney	68
3.2.2 Aluno Gabriel	70

3.2.3 Aluno Alexsander.....	73
3.3 DESENHOS DA ATIVIDADE 3.....	75
3.3.1 Aluna Grazielle.....	75
3.3.2 Aluno Marcos.....	78
3.4 DESENHOS DA ATIVIDADE 4.....	83
3.4.1 Aluno Ricardo.....	84
3.4.2 Aluno Daniel.....	87
3.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	88
3.6 REFLEXÕES FINAIS.....	91

4. CONCLUSÃO.....	95
--------------------------	-----------

REFERÊNCIAS.....	101
-------------------------	------------

ANEXOS.....	106
--------------------	------------

ANEXO A - Desenhos das alunas Camila e Flaviane.....	107
ANEXO B - Desenhos dos alunos Roney, Gabriel e Alexsander.....	108
ANEXO C - Desenhos da aluna Grazielle com simetrias diferentes.....	109
ANEXO D - Desenhos do aluno Marcos com simetrias diferentes.....	110
ANEXO E - Desenhos dos alunos Ricardo e Daniel.....	111
ANEXO F - Entrevista da aluna Camila.....	112
ANEXO G - Entrevista da aluna Flaviane.....	115
ANEXO H - Entrevista do aluno Roney.....	118
ANEXO I - Entrevista do aluno Gabriel.....	121
ANEXO J - Entrevista do aluno Alexsander.....	123
ANEXO L - Entrevista da aluna Grazielle.....	125
ANEXO M -Entrevista do aluno Marcos.....	128
ANEXO N - Entrevista do aluno Ricardo.....	132
ANEXO O - Entrevista do aluno Daniel.....	134

INTRODUÇÃO

A Física, como as outras ciências, no seu processo de construção, desenvolveu uma linguagem própria para seus esquemas de representação. Reconhecer e utilizar adequadamente, na forma oral e escrita, símbolos, códigos e nomenclaturas da linguagem científica constituem-se em competências necessárias no que se refere à representação e à comunicação, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais.

Este trabalho aborda um problema no ensino de Física que se situa dentro do campo de estudo da semiótica no ensino da Física, assunto esquecido ou mal lembrado que, se tratados de maneira superficial, pode permitir que dificuldades de aprendizagem passem despercebidas pelos professores, se estes não lhe derem o devido valor educacional.

Teorias e estudos realizados em semiótica contribuem com informações importantes a serem consideradas na aprendizagem, mostrando que a conversão das representações semióticas constitui uma atividade menos espontânea e mais difícil de adquirir para a grande maioria dos alunos (DUVAL, 2004).

O conhecimento científico em particular é simbólico por natureza e, ao mesmo tempo, circunscreve-se em um contexto cultural, portanto é construído socialmente. Aprender ciências envolve introduzir o aluno em um mundo simbólico composto de linguagens, idéias e símbolos específicos. Uma das maneiras de fazer isso está explicitada na introdução de Bruner ao trabalho de Vygotsky:

O projeto Vygotskyano é descobrir o modo como os membros aspirantes de uma cultura aprendem de seus tutores, os vicários de sua cultura, a entender o mundo. Este mundo é um mundo simbólico no sentido de que ele consiste de sistemas de crenças conceitualmente organizados, delimitados por regras sobre as coisas que existem, sobre como atingir os objetivos e sobre o que deve ser valorizado. Não existe nenhuma maneira, nenhuma mesmo, através da qual o ser humano poderia ter domínio desse mundo sem a ajuda e a assistência de outras pessoas, pois, na verdade, esse mundo são os outros (Bruner, apud Driver, 1999).

A partir dessa perspectiva, a apropriação do conhecimento sobre o mundo se realiza na interação social, principalmente na escola, espaço privilegiado e socialmente designado, para disponibilizar as ferramentas culturais necessárias para a (re)construção das idéias dos alunos.

Uma dessas ferramentas são as representações simbólicas e, geralmente, não são substancialmente consideradas por muitos professores de Física, por pensarem que a única estratégia de aprendizagem nesse campo é a que utiliza a simples memorização. Isto é, apresentam os símbolos e definições, associando a eles os seus respectivos conceitos e, por meio da exposição exaustiva e repetitiva destes, supõem que o conceito seja aprendido e estruturado cognitivamente.

Em vista de sua importância, a linguagem simbólica, com o seu código de regras convencionais que determinam o uso coordenado da representação dos conceitos científicos que lhes correspondem, apresenta-se, então, como objeto central para a aprendizagem, sendo elas a preocupação deste trabalho.

A mesma preocupação é defendida por Lopes (2004, p.105), quando diz que “a construção/apropriação de sistemas simbólicos deve ser objeto de cuidados redobrados, pois é necessário fazer modificações graduais e sempre em relação à atividade de exploração ou mesmo experimentação de situações físicas”.

Dentro desse contexto, levantamos as questões: Como fazer com que a produção semiótica não permaneça satisfatória para o aluno, somente do ponto de vista da expressão e de algoritmos de operacionalização automáticos, sem corresponder a nenhuma significação, reproduzindo-a por imitação, sem objetivação? Quais fatores interferem nessa aprendizagem? Quando nos referimos a fatores, temos em mente o seguinte: envolvimento do aluno; ponte conceitual, dentro da perspectiva da teoria ausebiliana; estratégia de exemplo-âncora, como descrita por Clement et al (1989). Sempre que possível, todos esses fatores serão trabalhados com situações concretas.

Diante disso, e como melhor esclareceremos no capítulo seguinte, pretendemos trabalhar em nossa pesquisa uma proposta de ensino que faz uso de desenhos como uma abordagem pedagógica antecedente à utilização de codificações para a aprendizagem de determinados conteúdos de Física.

Essas imagens são um mecanismo para construir mediações didáticas que permitam trabalhar o distanciamento entre as representações científicas, por sua complexidade e alto grau de abstração, e o pensamento cotidiano. Conseqüentemente, como representação pessoal, é uma forma de linguagem mais próxima do aluno. Com isso, menores esforços cognitivos são exigidos num primeiro momento, isto é, na introdução dos conceitos, o que facilitaria o diálogo entre professores e alunos.

Fizemos a opção de investigar a utilização de desenhos em circuitos elétricos, uma vez que este conteúdo de Física é de vasta simbologia. Sem as representações simbólicas da cultura científica deste conteúdo, devidamente compreendidas, o estudante, muitas vezes, se mostra incapaz de perceber, nas representações, aquilo que o professor deseja que ele perceba.

Com a finalidade de estudar as dificuldades envolvidas na aprendizagem das simbologias dos circuitos elétricos e dos seus respectivos conceitos, propomos a seguinte questão norteadora de investigação:

Qual a potencialidade didática dos desenhos em incitar a explicitação e apontar as dificuldades de compreensão dos alunos, tanto no que diz respeito à articulação esquemática figurativa quanto aos conceitos físicos associados às dificuldades de figuração, para aprendizagem?

A proposta desta pesquisa, portanto, é empregar a linguagem semiótica dos signos, por meio de desenhos, para provocar e estabelecer um diálogo proveitoso para o reconhecimento dos problemas conceituais de aprendizagem dos estudantes durante o ensino por meio das falhas de representação.

A estrutura do trabalho se resume no seguinte. O primeiro capítulo foi dividido em oito seções. Na primeira procuramos discutir o uso de imagens no contexto pedagógico. A segunda e a terceira seção abordam o modelo de mudança conceitual, enfatizando a linha epistemológica ausebeliana. A quarta seção aborda a capacidade e habilidade simbólica, uma forma específica de ser do homem. A quinta descreve os símbolos específicos da Física como uma das formas de linguagem dessa ciência. Na sexta seção apresentamos a nossa proposta da linguagem pictórica e damos atenção ao papel desempenhado por diferentes modos semióticos na construção discursiva do conhecimento científico. Na sétima seção são apresentadas sugestões de alguns trabalhos correlacionados. A oitava e última seção desse capítulo traz um levantamento das concepções alternativas que os alunos apresentam no processo de aprendizagem de circuitos elétricos.

No capítulo 2, expomos a metodologia empregada e apresentamos o contexto investigado, os instrumentos de coleta de dados, detalhando as atividades desenvolvidas pelos alunos. O capítulo 3 apresenta a análise dos dados obtidos pela aplicação das atividades por meio de desenhos, uma síntese dos resultados e reflexões finais. No capítulo 4, apresentamos a conclusão decorrente da pesquisa e indicamos algumas contribuições para o ensino e para futuras pesquisas sobre o assunto. Por último estão as referências bibliográficas que nos ajudaram na elaboração e no desenvolvimento deste trabalho.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 O USO DE IMAGENS NO CONTEXTO PEDAGÓGICO

Uma análise nos livros didáticos que se empregam hoje no Ensino Médio permite verificar o uso crescente de representações externas de caráter pictórico, as quais pouca ou nenhuma presença tinham nos textos mais antigos da Física. Tal utilização de imagens constitui parte do processo de ensino de Ciências atualmente (OTERO & GRECA, 2004; PERALES, 2006).

Esse incremento das apresentações visuais nos livros didáticos estaria ligado a diversas razões, entre as quais mencionamos aquelas vinculadas ao *marketing* das editoras, à linguagem visual como requisito comunicacional da sociedade da informação e às enormes possibilidades tecnológicas à disposição das indústrias gráficas. Acrescenta-se a isso o fato de que a quantidade e qualidade gráfica são alguns dos aspectos levados em conta pelos professores na seleção dos livros textos para os seus alunos (CARNEIRO, apud OTERO & GRECA, 2004).

É preciso ressaltar que muitas vezes a imagem constitui o único referente acessível para o estudante e, em determinadas disciplinas, representam um elemento imprescindível, tais como mapas (Geografia), construções geométricas (Matemática), observações microscópicas (Biologia), as linhas de campo de um solenóide, um campo magnético uniforme, as representações diversas da formação de imagens em óptica, os inúmeros diagramas de circuitos elétricos (Física).

Desse modo, as imagens constituem um importante recurso na comunicação de idéias científicas em contextos de educação formal, contribuindo para a aprendizagem por sua capacidade de mobilização, ainda que, por si só, ela não leve obrigatoriamente à compreensão do conceito (CARNEIRO, apud OTERO & GRECA, 2004).

Entretanto, no âmbito da Física, reconhece-se certa desconfiança no uso de imagens externas para representar conhecimento (BACHELARD, 1999), fruto

de uma tendência formalista que impregnou a maneira de transmitir conhecimento durante boa parte do século XX. Por outro lado, na segunda metade desse século, ao se massificar as novas tecnologias de comunicação e informação que colaboraram com o auge do que se chamou cultura da imagem, a utilização da linguagem visual na comunicação foi revitalizada e multiplicada.

Lemke (2006), ao examinar consagradas revistas como *Science*, *Nature* e alguns textos com tratados avançados de biologia molecular e física das partículas, constata que em todas as páginas existiam representações visuais-gráficas de vários tipos, como também equações matemáticas. Como exemplo, cita a prestigiosa *Physical Review Letters*, na qual havia em média pelo menos uma, e freqüentemente duas ou três representações visuais (tabelas, gráficos, fotografias, desenhos e mapas) por página.

O idioma natural das Ciências é uma integração coordenada de diferentes modos semióticos como recurso de comunicação do conhecimento científico, logo, para aprender Ciências, é necessário que o aluno se aproprie das várias linguagens para ter a possibilidade de compreensão.

A comunicação se faz efetiva quando se chega a compartilhar significados, quer dizer, quando se consegue intercambiar mensagens nas quais aquilo que o receptor entende é sensivelmente similar ao que o emissor pretendeu comunicar. Em todos os âmbitos comunicativos, e especialmente nas situações de ensino, deve-se perguntar: O conhecimento que o emissor procura comunicar é o que o receptor percebe?

Em relação às imagens, a sua compreensão, por não ser imediata, singela e transparente possibilita múltiplas leituras, e quem as lê pode entender uma outra coisa que não o sentido pretendido pelo comunicador. O problema se agrava ao levar em conta que, tanto para o figurativo como para o verbal, não é suficiente descrever as unidades semióticas que organizam o discurso, para assegurar uma compreensão adequada. A comunicação vai, além disso, é uma interação de intenções e de significados.

A comunicação com imagens supõe a aprendizagem de operações externas de referência, nas quais usualmente não se repara. As imagens são um produto de um conjunto de efeitos, em que as regras e contextos têm necessariamente que reconstruir-se ou reconstituir-se. Uma imagem supõe uma matriz de contexto, uma capacidade de estabelecer a relação entre o referente e sua representação.

A utilização de imagens externas em contextos de educação formal tornou-se objeto de problematização e estudos a partir de vários referenciais. Medeiros e Medeiros (2001), por exemplo, ocupam-se de questões epistemológicas nas iconicidades de diferentes representações visuais em livros didáticos do Ensino Médio. As imagens analisadas representando ambientes naturais, por meio de fotografias ou desenhos, entravam em contradição com o conteúdo textual, eram desproporcionais em suas composições e, uma delas, confundia o objeto real mostrado com um caso ideal da Física.

Autores como Otero, Moreira e Greca (2002) propõem discutir a respeito das potencialidades e limitações das imagens externas a partir de referenciais cognitivos. Segundo esses autores, os livros de Física por eles analisados, ao utilizarem as imagens, parecem ignorar as dificuldades da representação interna do conhecimento, isto é, os livros procedem como se existisse uma relação direta e linear entre as representações externas e as internas.

Um dos aspectos que melhor expressa a pouca importância atribuída às complexidades cognitivas da imagem interna e externa é a atribuição de características como simplicidade, transparência e auto-evidência às representações visuais que, por conseguinte, não necessitariam de explicações dos professores para ajudar os alunos a decodificá-las.

A dificuldade dos alunos em ler imagens e dar-lhes interpretação coerente e compatível com a significação para as quais foram propostas vem sendo objeto de recentes trabalhos na educação científica (COLIN & VIENNOT 2002; STYLIANIDOU ET AL., 2002). Portanto, 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 de trabalhos anteriores cujo objetivo era estudar 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. Para compreender tais imagens, é indispensável um conhecimento de suas regras, códigos e significados. 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 de o trabalho de Colin & Viennot (2002) ter algumas imagens com essas características, a análise aí realizada, como a dos outros dois trabalhos citados, procura 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.

Um desses esquemas simbólicos são os circuitos elétricos cujas regras que nos permitem ler, interpretar e elaborar os seus diagramas são baseadas em conceitos específicos da Física que têm o compromisso de uma interpretação única. Conseqüentemente, um diagrama não é uma figura comum, mas o resultado de um processo de abstração que permanece implícito a maior parte do tempo.

As simbologias aí utilizadas, ao fugirem do senso comum, trazem dificuldades comunicativas que nascem das diferenças entre registros, o do cotidiano, no qual o aluno está inscrito, e o do professor, que tem como objetivo comunicar os conceitos da Ciência e facilitar a apropriação dessa linguagem pelo aluno.

Neste trabalho, portanto, apresentamos uma proposta de utilizar desenhos dos alunos como orientação instrucional que potencialize a detecção de dificuldades conceituais em circuitos elétricos, apoiados na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

1.2 MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL

A pedagogia do conhecimento científico tem dado importante sustentação aos resultados de uma linha de investigação em educação, que respeita os conhecimentos peculiares do aluno, os quais, frequentemente, servem de obstáculos à forma de como o aluno vai se apropriar dos conceitos científicos (SANTOS, 1991).

Essas concepções, estruturadas na vivência diária, geralmente, em uma visão contrária à científica, são resistentes a mudanças, pois as mesmas, em um primeiro momento, dão conta da maioria das explicações que o sujeito necessita para compreender as situações do seu cotidiano.

O aluno nunca é jovem de espírito, ao chegar à escola, pois já possui uma maneira peculiar de pensar, construída a partir de suas experiências diárias com o mundo, dentro de um determinado contexto social. Essa base de conhecimentos previamente adquiridos vai influenciar a aprendizagem e, na maioria das vezes, há a necessidade de uma mudança conceitual para que possa apreender os novos conhecimentos, ou seja, rejuvenescer o cognitivo espiritualmente para aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado (BACHELARD, 1999).

O desenvolvimento das pesquisas na área de educação científica, nas últimas três décadas do século vinte, elaborou uma teoria 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 principais estratégias de ensino são propostas de modo a haver a promoção da mudança conceitual (SCOTT ET AL.,


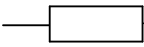
1991). Pela primeira, de inspiração piagetiana, ensinar seria provocar desequilíbrio cognitivo no aprendiz que, procurando o reequilíbrio, se reestruturaria cognitivamente e aprenderia. Em uma pessoa o mecanismo de aprender tem a ver com sua capacidade de reestruturar-se mentalmente, buscando novo equilíbrio. Contudo esse anseio de equilíbrio pode ser tão intenso a ponto de desestimular o aluno na tarefa de aprendizagem e o professor passa a ter mais uma preocupação, a de compatibilizar o conflito cognitivo com o nível de desenvolvimento do aluno, a fim de evitar que o estudante abandone sua aprendizagem.

A segunda estratégia, em oposição à piagetiana, faz uso de analogias para desenvolver e estender as idéias prévias do aprendiz em direção ao ponto de vista científico, evitando o confronto direto com as concepções do aluno. Brown (1977) chega a propor para essa estratégia que o estudante não troque as suas concepções pelas científicas, mas que haja um favorecimento de uma tomada de consciência do estudante sobre ambos os conhecimentos, entendendo que a aprendizagem dos conhecimentos científicos se dá pelas diferenças entre os conhecimentos.

Tal estratégia, apoiada na teoria de Ausubel (apud MOREIRA, 1982), estabelece que esquemas e conhecimentos previamente adquiridos pelo sujeito formem uma base de sustentação para tornar compreensíveis novos significados, de maneira não arbitrária e substantiva, e transformá-los em requisitos essenciais para uma aprendizagem significativa.

Substantividade significa que o que é incorporado é a substância do novo conhecimento, a idéia, o sentido, o conceito que pode ser expresso de diferentes maneiras por signos equivalentes em termos de significados, não dependentes de símbolos específicos ou quaisquer outras representações particulares. O aluno que apreendeu o sentido pode expressar, de forma correta, com as mais diversas palavras, o significado que lhe foi ensinado (MOREIRA, 1982).

Desse modo, o essencial na nova informação é a interiorização da substância do conceito pela estrutura cognitiva. Assim, para uma pessoa com

conhecimento substantivo, os símbolos algébricos $\frac{1}{2}$ e 0,5 se equivalem, igualmente a um aluno com conhecimento suficiente de eletricidade, os símbolos de resistores  e  remetem ao mesmo significado.

Uma aprendizagem sem significado pode ser evidenciada num aluno que consegue resolver equações de segundo grau, com muita maestria, como, por exemplo, $x^2 + x - 6 = 0$, aplicando a fórmula de Bhaskara, contudo, se verifica uma dificuldade de calcular o tempo em uma equação do MRUV (movimento retilíneo uniformemente variado) do seguinte tipo $S = -6 + t + t^2$, quando o móvel passa pela origem das posições, por exemplo.

Os alunos, provavelmente, ao não conseguirem expressar o significado da equação de segundo grau em linguagem sinônima em Física, evidenciam uma aprendizagem mecânica, sem substantividade. Desta maneira, não garantem a flexibilidade no seu uso em outros contextos.

Para ser significativa, além de substantiva, a aprendizagem precisa ser também não-arbitrária, ou seja, o relacionamento de uma nova informação deve ocorrer de maneira lógica e explícita, com idéias específicas já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende, o que Ausubel define como subsunçores que servem de idéias-âncora para novos conhecimentos. Assim, por exemplo, entender o conceito do termômetro só será de fato significativo para o indivíduo, se, de alguma forma, houver uma clara relação entre este e o conceito de temperatura.

A aprendizagem significativa requer duas outras condições para que o processo se efetive. A potencialidade significativa do material é a primeira condição para que se produza esse tipo de aprendizagem; a segunda é a disposição do indivíduo em relação à aprendizagem. Essa segunda condição refere-se ao componente motivacional, de atitude significativa e emocional, que deve estar presente em todo tipo de aprendizagem (SACRISTÁN & GÓMEZ, 1998).

Uma vez satisfeitas as condições para a aprendizagem significativa, o relacionamento das novas idéias com o conjunto de idéias existentes na estrutura

cognitiva do aprendiz pode ser por subordinação, superordenação ou a combinação de ambos.

Para Ausubel (1980), o relacionamento subordinado acontece quando a nova idéia é um exemplo, uma especificação de algo que já se sabe, isto é, o novo material fica subsumido sob um conceito mais geral. Porém, esta relação pode ser derivativa quando o que se aprende apenas corrobora algum conceito ou proposição pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, desde que não traga qualquer alteração para o conceito mais inclusivo ao qual está relacionada. Assim, por exemplo, a aprendizagem do tipo de força que ocorre entre os elétrons e o núcleo de um átomo é um exemplo específico do conceito de força elétrica.

A aprendizagem subordinada correlativa acontece quando a nova idéia é uma extensão do significado de algo que já se sabe. Por exemplo, o aluno que tem a idéia de triângulo equilátero como sendo aquele que possui os três lados iguais e aprende outra característica desse triângulo, isto é, que ele possui também os três ângulos iguais como conceito. Este é um caso que a nova idéia é uma extensão do conceito previamente aprendido.

A aprendizagem superordenada ocorre quando um novo conceito aprendido é mais amplo do que os já estabelecidos na estrutura cognitiva, subordinando-os. A compreensão do princípio da conservação da energia pode ser tratada como uma superordenação. Por exemplo, o livro Física 1 (mecânica) do Gref (2002), páginas 107 a 110, após abordagens relativas à transformação de diferentes formas de energia, levam o aluno ao conceito de conservação da mesma de forma geral, tomando os exemplos como casos particulares.

Diferentemente da subordinada e superordenada, a aprendizagem combinatória não é um exemplo ou generalização daquilo que se usou como âncora, ou seja, as proposições aprendidas são menos relacionáveis com os conhecimentos adquiridos anteriormente.

Um exemplo típico deste tipo de aprendizagem ocorre quando o professor faz uma analogia entre o sistema hidráulico e o circuito elétrico. Neste

caso, utilizam-se os conceitos relativos à hidráulica, já dominados pelos alunos, ou intuitivamente de mais fácil compreensão. Ainda que os sistemas hidráulicos não sejam uma generalização nem um exemplo de sistemas elétricos, e vice-versa, esta âncora pode favorecer uma aprendizagem significativa.

A cadeia de relações descritas, por subordinação, superordenação ou combinatória, não é necessariamente “plana”, no sentido de uma relação biunívoca de uma idéia com a outra. E essa é uma das preocupações de Ausubel, para que se estabeleçam todas as pontes possíveis entre as idéias existentes na estrutura cognitiva do aluno com as que estão sendo apresentadas num momento de ensino/aprendizagem. Essa forma de organização contribui diretamente para o aprendizado do aluno.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO ENSINO

A programação do ensino de uma disciplina, para que a aprendizagem significativa aconteça, deve levar em conta os aspectos mais relevantes de um determinado conteúdo, a fim de neles concentrar as atividades de aprendizagem. Outra recomendação é não sobrecarregar o aluno de informações desnecessárias que possam dificultar a organização cognitiva (MOREIRA, 1982).

Ausubel propõe que esses conceitos sejam apresentados em uma seqüência decrescente e cíclica, de forma que enquanto alguns conceitos sejam apresentados outros possam ser revisados. Esses princípios norteadores são denominados na teoria ausubeliana de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Segundo Moreira (1982), a diferenciação progressiva é o princípio pelo qual os conteúdos devem ser trabalhados em ordem crescente de especificidade, ou seja, partir das idéias mais gerais para os detalhes mais específicos. Essa ordem de apresentação corresponde à forma de organização da mente do ser humano, na qual as idéias mais gerais estão no topo da estrutura

cognitiva do indivíduo e mantêm subordinadas a si os conceitos menos inclusivos e mais diferenciados, o que torna a aprendizagem facilitada.

A reconciliação integradora diz respeito à forma como se relacionam as idéias a serem apresentadas ao aluno em uma instrução, que visa apontar eventuais diferenças e similaridades reais ou aparentes. Caso as idéias não sejam devidamente trabalhadas e corrigidas, o aluno pode deixar de fazer as conexões necessárias, ou fazê-las erroneamente. Isso é imprescindível para que não haja obliteração, com perda de informação e, como efeito, redução de conceitos de idéias relacionadas que apresentam diferenças significativas entre si, ou quando não se faz uma ligação adequada por causa de uma contradição exposta.

A Figura 1 exemplifica um modelo de hierarquia vertical, indicando relações de subordinação entre conceitos.

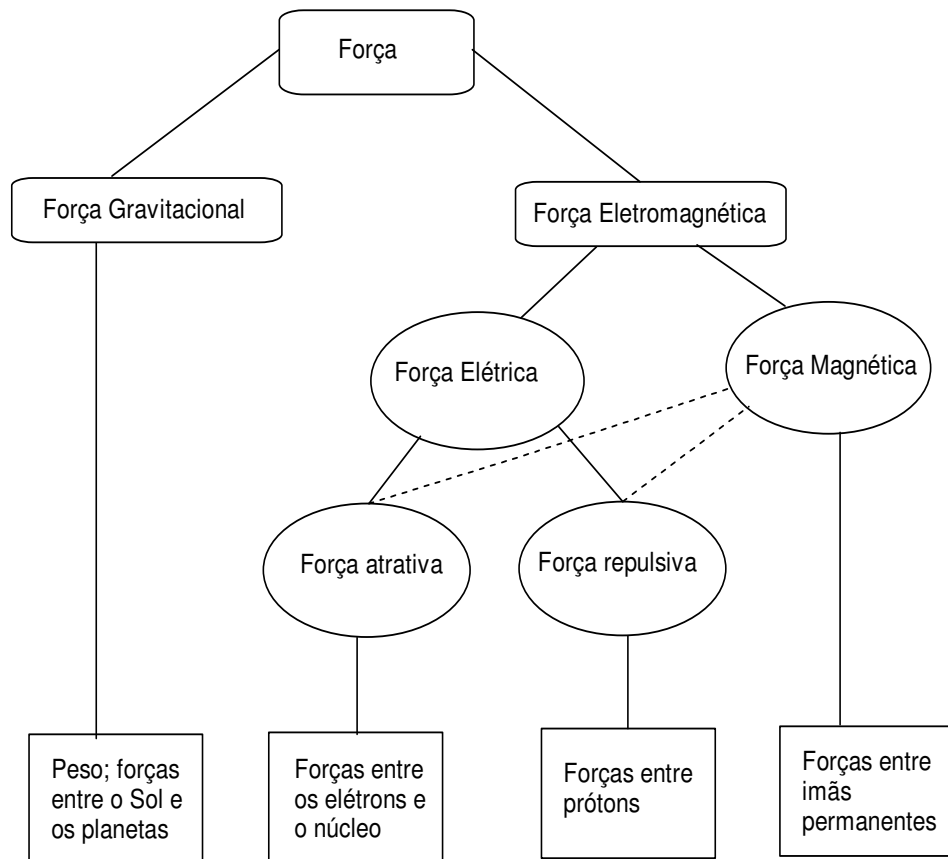


Figura 1: Um modelo de reconciliação vertical. Adaptado de Moreira e Masini (1982).

Além da reconciliação integradora vertical, pode ocorrer também uma forma horizontal, quando o professor utiliza um organizador comparativo que serve de subsídio para situações em que já existem idéias nas quais se podem ancorar os novos conceitos a serem estudados. Um exemplo disso seria, como já foi mencionado, estudar os circuitos elétricos por meio de uma analogia com os sistemas hidráulicos. O papel assumido pelo organizador é, portanto, de aproveitar as semelhanças e diferenças entre o conjunto de idéias que já se sabe como esteio ao conceito alvo. Contudo, deve-se tomar o cuidado de que essas semelhanças e diferenças sejam claras e prontamente elucidadas a fim de que as idéias não se misturem, ou que uma seja reduzida à outra. A Figura 2 ilustra um tipo de organizador correlativo.

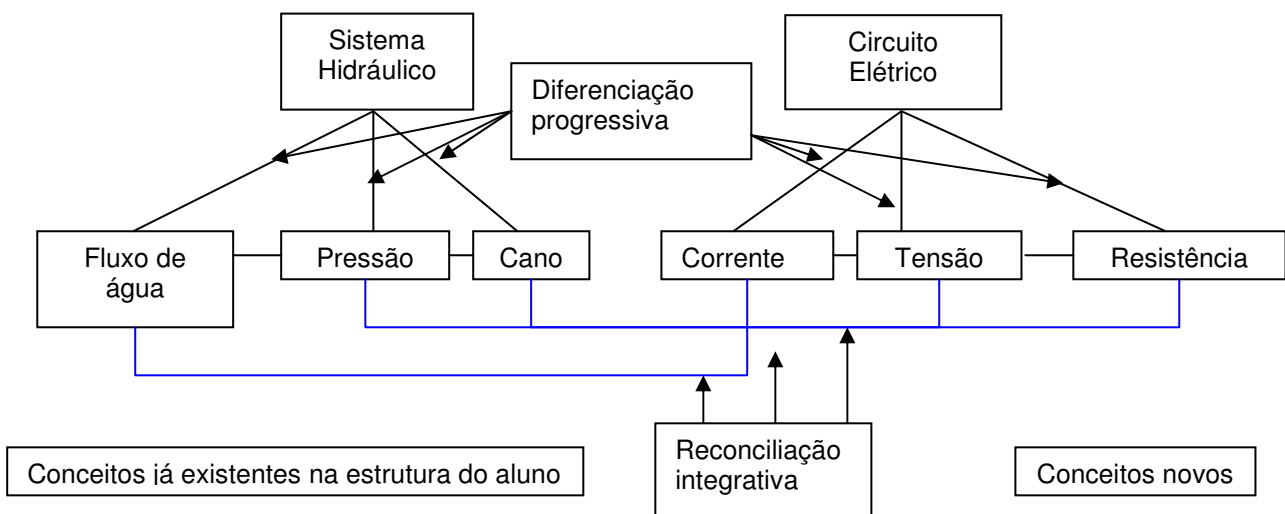


Figura 2: Analogia entre os conceitos de hidráulica e circuitos elétricos.

Podem-se observar as relações entre as idéias já existentes que vão servir de ponte para introduzir os conceitos de circuitos elétricos que se deseja ensinar a partir dos já familiares aos alunos.

Essa estratégia postula 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. Tais entendimentos são elaborados pela formação de relações analógicas entre um conceito alvo de difícil compreensão e um exemplo-âncora que apela para a intuição do estudante.

O alvo a ser atingido pelos alunos, em circuitos elétricos, vai além da compreensão dos conceitos, eles precisam desenvolver a capacidade de fazer o uso coordenado da representação do conhecimento físico na forma cientificamente aceita.

Contudo essa representação é fruto de um processo de idealizações cujos aspectos mais imediatos, do objeto em si, foram apagados, alterando a relação entre a imagem e seu referente. Para exemplificar, podemos perceber que na primeira imagem da seqüência da Figura 3, o conhecimento imediato (subjetivo) dá conta dessa relação, enquanto na última esta só pode ser estabelecida pelo domínio do campo conceitual da teoria física correspondente.

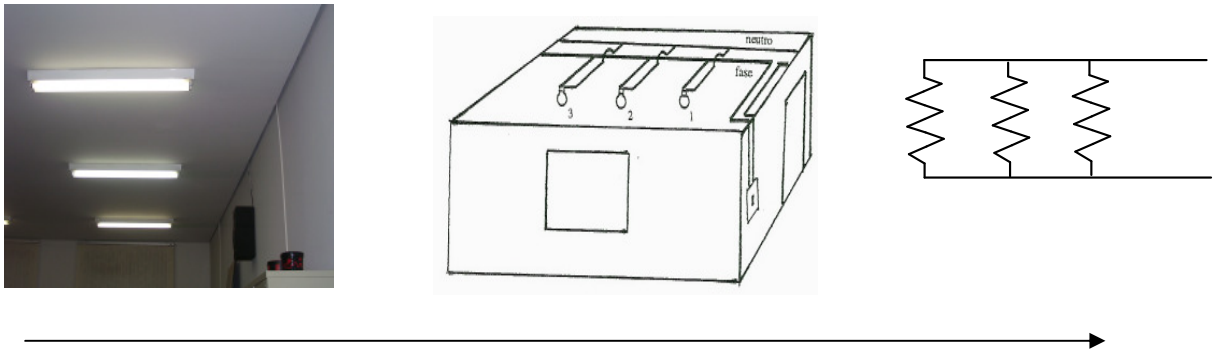


Figura 3: Seqüência de imagens em ordem decrescente de iconicidade.

Esse distanciamento entre o conhecimento cotidiano e aquele a ser alcançado deve ser diminuído por meio de práticas pedagógicas a fim de permitir que “o caminho dos estudantes possa ser articulado em etapas com conquistas provisórias, controladas de perto pela observação contínua (avaliação)” (VILLANI E PACCA, 1997).

Tendo em mente que muitas vezes a imagem constitui o único referente acessível para o aluno, neste trabalho, estabelecemos um paralelismo com a estratégia de ancoragem na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa,

por meio de desenhos, como uma possibilidade na aprendizagem da linguagem simbólica e conceitual usada no ensino de circuitos elétricos.

1.4 HOMEM: UM SER SIMBÓLICO

Na evolução humana, o homem, ao assimilar os instrumentos, reestrutura seus movimentos naturais e instintivos, e em processo gradual de aperfeiçoamento formam-se nele capacidades motrizes novas e superiores (LEONTIEV, 1976).

Certos animais também utilizam e criam suas ferramentas, por exemplo, os macacos de Suaq. A mais comum é um graveto que eles preparam para apanhar formigas, cupins e mel. Outro contexto em que esses macacos utilizam ferramentas diz respeito ao fruto da neesia que possui sementes altamente nutritivas protegidas por espinhos afiados. Para evitar os espinhos, os macacos tiram a casca de ramos de árvore curtos e retos, que eles seguram na boca e inserem nas aberturas dos frutos maduros e conseguem, assim, sua alimentação. (SCHAIK, 2006)

Segundo Oliveira (1993), a diferença entre os animais e os humanos está no fato de que instrumentos para uso futuro têm a sua função preservada para ser transmitida aos seus pares. É, pois, um objeto social e mediador da relação entre o indivíduo e o mundo.

Por analogia, com a maneira como os instrumentos de trabalho intervêm de forma mediada na atividade prática do homem, Vygotsky, por meio de sua teoria histórico-cultural, introduziu a idéia sobre o caráter mediado dos processos psíquicos com ajuda de instrumentos psicológicos. Estes são criações artificiais, projetadas para responder a uma demanda específica são dispositivos sociais e não individuais que permitem a realização de formas de pensamento que não seriam possíveis sem esse processo de simbolização por meio das mais diversas linguagens.

As linguagens apresentam características próprias de composição, têm sinais próprios, são adequadas para veículos específicos, épocas e situações determinadas. Do estudo e tradução da escrita hieroglífica, provavelmente o mais antigo sistema organizado de escrita do mundo, até o uso dos códigos da informática, o homem tem utilizado signos como instrumentos psicológicos em diversas situações.

Uma descoberta encontrada no estado mexicano de Veracruz, publicada pela Folha de São Paulo, descreve um bloco de pedra de 30 centímetros, com inseto, espiga de milho, peixe e outros símbolos traçados com arranjos e padrões que sugerem ser uma escrita das mais antigas das Américas.

As inscrições ainda não decifradas constituem-se de sessenta e dois símbolos pictográficos, alguns repetidos de duas a quatro vezes. Stephen Houston, antropólogo da Universidade Brown, não tem dúvida de que o bloco retangular de pedra encontrado seja uma evidência de escrita no Novo Mundo. O produto é obra da civilização olmeca, que floresceu de 1300 a 400 a.C. e foi o primeiro Estado da Mesoamérica (CLAUDIO ANGELO, 2006).

No século XX, surge em lugares diferentes, Estados Unidos, União Soviética e Europa Ocidental, temporalmente quase sincronizados, estudos a respeito da Semiótica. Trata-se de uma ciência que tem por objeto de investigação todas as linguagens possíveis, ou seja, abrange virtualmente todas as áreas do conhecimento envolvidas com as linguagens ou sistemas de significação, tais como a lingüística, as artes, as ciências e, entre elas a Física.

No Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa Século XXI, a palavra Semiótica, do grego *semeiotiké*, é a *denominação utilizada principalmente pelos autores norte-americanos para a ciência geral do signo* (p.1834). Neste mesmo Dicionário, entre as acepções encontradas no verbete “signo”, julgamos importante a definição de “signo motivado” como *aquela em que a razão pela qual um significante corresponde a um determinado significado seja evidente, natural ou causal, a exemplo do que ocorre nos ícones e nos índices*” (p.1853).

Para Peirce,

Signo ou Representâmen é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, represente algo para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria, na mente dessa pessoa, um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado denomino interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas com referência a um tipo de idéia que eu, por vezes, denominei fundamento do representâmen.(p.46)

Ao definir signo, Peirce (2000) diferencia três categorias sígnicas: ícone, índice e símbolo. Quando a ênfase estabelecida está na semelhança entre os referentes, temos o ícone; quando a ênfase na relação é a de causa e efeito, temos o índice e, finalmente, quando a ênfase da relação consiste na arbitrariedade, temos o símbolo (Peirce, 2000).

Uma nuvem escura pode significar chuva, embora sejam muito diferentes uma da outra, o girassol que aponta para o lugar do sol no céu e a florzinha “onze-horas”, que ao se abrir indica que são onze horas são exemplos de índices. Como percebemos, “o índice é um signo que indica uma outra coisa com a qual ele está factualmente ligado” (Santaella, 1983, p.90).

Exemplifica Peirce (2000):

Vejo um homem que anda gingando. Isso é uma indicação provável de que seja um marinheiro...Um quadrante solar ou um relógio indicam a hora...Uma batida na porta é um índice. Tudo o que nos surpreende é um índice na medida em que assinala a junção entre duas porções da experiência (p.67).

As imagens, fotografias, pintura, diagramas e as famosas “janelinhas” mostradas na tela dos computadores são exemplos de ícone, na medida em que for semelhante ao objeto e ser utilizado como um seu signo. Já os símbolos se fundamentam num pacto coletivo, de modo arbitrário, transforma-se em um signo que extrai o seu poder de representação por força de “lei” que, determina que aquele signo represente o seu objeto. Por exemplo, a sucessão de letras como f – í – s – i – c – a faz com que suas réplicas sejam interpretadas com o significado, física. Afirma Peirce (2000): “*Símbolo é um signo cuja virtude significante se deve a um caráter que só pode ser compreendido com a ajuda do seu Interpretante*” (p.28-29).

O conceito de Interpretante de Peirce é algo semelhante ao conceito de significação em Vygotsky, ou seja, o sentido do objeto ou conceito não está nem no significante e nem no intérprete, isoladamente, mas na relação dialética entre ambos, a qual se estabelece no sujeito formador da idéia, que faz as relações.

Como se constitui este sujeito simbólico? Segundo Piaget, inicia-se na criança, por volta de 2 anos de idade, quando esta “faz a maior descoberta de sua vida”, a de que “cada coisa tem seu nome” (STERN, apud VYGOTSKY, 2005, p.53). Nesse instante, situado no intervalo denominado de pré-operatório, compreendido entre os estágios sensório-motor (0 – 2 anos) e o das operações concretas (7/8 a 11/12 anos), predomina o desenvolvimento da função semiótica. Esse desenvolvimento começa pela manipulação imitativa, prossegue na imitação interior ou diferida (imagem mental) e atinge o seu mais alto nível na linguagem.

Segundo Wadsworth (1984), quando as crianças entram na escola, pede-se que comecem a usar representações ao nível de signo, isto é, no mais alto nível de abstração. Contudo, a escola deveria observar se a criança já possui estrutura cognitiva desenvolvida suficiente para usar os signos e se a mesma possui o significado referente ao signo.

A identificação de uma palavra ou de um símbolo qualquer, por parte de uma criança, não garante a sua compreensão. O significado dos símbolos escritos só pode ser dado pela pessoa. Se o conceito já não tiver sido formado cognitivamente, então a significação e a compreensão não são possíveis.

Contudo a significação é social e cultural, isto é, implica na conversão dos saberes historicamente produzidos pelos homens em saberes individuais. Conforme Pino (2001):

Não é na mera manipulação de objetos que a criança vai descobrir a lógica dos conjuntos, das seriações e das classificações; mas é na convivência com os homens que ela descobrirá a razão que os levou a conceber e organizar dessa maneira as coisas. Evidentemente, nesse processo de apropriação cultural o papel mediador da linguagem (a fala e outros sistemas semióticos) é essencial (p.41).

O autor destaca, no processo de apropriação cultural, o papel da mediação semiótica essencialmente humana. A mediação é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação, assim, esta relação deixa de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento (OLIVEIRA, 1993).

Na mediação, numa situação de ensino, o professor e o aluno compartilham significados em relação aos conteúdos educativos do currículo e, nela, a linguagem é imprescindível. Assim, como o instrumento, elemento interposto entre a pessoa que atua e o objeto sobre o qual ela age, as ferramentas psicológicas atuam como mediadores para o trabalho intelectual, ampliando a nossa capacidade de ação.

Para Moreira (2006), aprender ciências de maneira significativa é entender a linguagem em que é codificado o conhecimento nela produzido. O ensino deve facilitar essa aprendizagem, que é mediada pelo intercâmbio de significados por meio da linguagem numa intervenção humana.

Nesta mesma linha de raciocínio, pesquisadores como Ainsworth (1999) e Dolin (2001) (apud PRAIN e WALDRIP, 2006) afirmam que, para aprender ciências com eficácia, os alunos precisam entender e expressar os conceitos em diferentes linguagens, bem como entender o uso coordenado da representação do conhecimento científico. E sugerem a necessidade de dispensarmos maior atenção ao papel dos diferentes modos semióticos, e não somente pela linguagem verbal, para a construção do saber em sala de aula.

Para aprender a partir do envolvimento com múltiplas representações dos conceitos de ciências, os alunos precisam entender os diferentes códigos e significados em uma representação, compreender as ligações entre a representação e o conceito alvo e serem capazes de transferir características-chaves do conceito para outras formas de representação.

Outros pesquisadores como Golbet e Clement (apud PRAIN e WALDRIP, 2006) afirmam que alguns modos podem dar mais apoio ao aprendizado

que outros, observando que alunos podem “desenhar para aprender” efetivamente, pois o meio visual permite “vantagens específicas sobre o meio textual”.

Segundo Gough (apud PRAIN e WALDRIP, 2006) o foco nas representações múltiplas dos conceitos de ciências é compatível com a abordagem contextualista do aprendizado das ciências e é provavelmente mais envolvente para alunos que um modo tradicional de representar idéias científicas apenas por meio de símbolos restritos, tão evidentes nas práticas comuns de sala de aula.

1.5 A FÍSICA E SUA SIMBOLOGIA

A Física por meio do seu ensino, enquanto corpo de conhecimento, mesmo ligada ao nosso cotidiano, não consegue, na maioria das vezes, ajudar os alunos a relacioná-la com os fenômenos presentes na sua vivência diária. Ao não atender às necessidades psicológicas, do ponto de vista dos alunos (LOPES, 2004), não há como predispor os alunos a uma aprendizagem significativa, ou seja, não adianta ação pedagógica se o indivíduo não se compromete com o estudo. Como complicador desse fato, não se pode negar que o ensino de Física se reduz freqüentemente à apresentação de conceitos, leis e fórmulas, seguidos de um grande número de exercícios e, geralmente, sem vínculo com a realidade dos alunos. Uma grande parte do esforço disponibilizado no currículo do ensino médio tem por objetivo levar os estudantes a dominar os aspectos mecânico-formulista dessa ciência, como se a Física fosse, essencialmente, matemática aplicada (ROBILOTTA, apud ALMEIDA, 2004).

Bachelard, também ao se referir a esse tipo de ensino, alerta para o fato de que *“o hábito da razão pode converter-se em obstáculo da razão. O formalismo pode, por exemplo, degenerar num automatismo do racional, e a razão torna-se como que ausente de sua organização”* (apud ALMEIDA, 2004).

Almeida (2004, p.118) observa aos professores da disciplina de Física que, se apenas

acreditarem que saber matemática é um pré-requisito necessário para qualquer ensino, provavelmente por admitirem como única atividade nobre em aulas de física, a resolução de exercícios, a voz dos cientistas terá pouco espaço no ambiente escolar.

Para superar esta tradicional forma de ensino de Física e transformá-la em um ensino construtivista com ênfase em modelos, situações reais, elementos próximos, práticos e vivenciais do aluno é necessária uma conscientização por parte dos professores já atuantes no sistema de ensino, face à urgência dessa mudança metodológica, e uma melhor formação acadêmica dos futuros profissionais.

Quanto à aprendizagem, esta requer por parte dos alunos o domínio das técnicas experimentais de medição e dos cálculos e necessita da confrontação de resultados com os modelos teóricos assim como de uma abordagem qualitativa dos problemas (LOPES, 2004). Todos esses pontos são obstáculos pedagógicos para a aprendizagem do conhecimento físico, podendo inexistir ou ser inexpressiva para outros conhecimentos.

Outra dificuldade, que pode estar passando despercebida pelos professores, refere-se à simbolização que certos conteúdos de física concentram. Os sistemas simbólicos da Física (linguagem, esquemas gráficos ou matemáticos) são convenções e correspondem a um certo funcionamento cognitivo subjacente (LOPES, 2004). Uma flecha, por exemplo, podem representar grandezas físicas conceitualmente distintas como força, velocidade, fluxo de calor e outros. A distinção entre esses significados nem sempre é evidente para os alunos e acaba se tornando uma fonte de dificuldades (PIETROCOLA, 2005).

Conforme coloca Vygotsky (1984), as representações semióticas têm papel cognitivo, já que funcionam na memória como poderoso instrumento de mediação da linguagem e do pensamento, ampliando a nossa capacidade de ação sobre o mundo. Elas cumprem função de expressão, comunicação, de tratamento econômico de informação, objetivação ou tomada de consciência, consistindo de suporte fecundo para as representações mentais (DUVAL, 2004). Para Duval (2004), as representações semióticas permitem um “olhar do objeto”, substituindo-o pela

percepção ou evocação de estímulos (pontos, traços, caracteres, sons...) que têm valor de significantes. Acabam se diferenciando não só pela natureza dos seus significantes, mas também por um sistema de regras internas que autorizam sua combinação.

Na Física, em particular, os símbolos são convenientes elaborações para representar a realidade e simplificar o seu emprego, referindo-se a construções de entidades mentais ligadas a elementos diretamente perceptíveis ou não, incorporados pelos modelos. Contudo uma figura simbólica pode ou não ter significado no modelo, e a sua importância deve ser relativizada, de modo a evitar que aspectos irrelevantes sejam supervalorizados durante a atividade de modelização (PIETROCOLA, 2005).

No entanto é importante apontar que, por detrás da aparente arbitrariedade dos símbolos físicos, vários deles foram figurativamente planejados para indicar aspectos que, de algum modo, carregam uma correspondência de significado entre a simbologia e os elementos ou conceituação representados, auxiliando a sua lembrança e, principalmente, a sua associação conceitual.

Saussure (2002, p.82), ao considerar inconveniente empregar a palavra símbolo para o signo lingüístico, já alertava para essa possível correspondência, porque “o símbolo tem como característica não ser jamais completamente arbitrário; ele não está vazio, existe um rudimento de vínculo natural entre o significante e o significado”.

Para ilustrar, os símbolos de capacitores procuram significar objetos constituídos de placas separadas, podendo-se inferir que são uma barreira às correntes contínuas e alternadas; o símbolo em ziguezague de resistores elétricos dá a entender, de um modo indireto, a dificuldade para a corrente elétrica atravessar esses dispositivos e os símbolos de pilhas nos remetem ao significado de um potencial maior e menor.

Nesse caso, quando acontecesse de o símbolo apresentar indicativos que o relacionam, de alguma forma, ao conceito tratado, o professor

deveria aproveitar esse fato para tornar evidente ao aluno essa associação conceitual. Esse ato cognitivo não se trata apenas de um auxílio mnemônico, mas é, fundamentalmente, promotor da aprendizagem conceitual e da correspondente integração, por relação, com os conceitos mais gerais do conteúdo trabalhado.

Diante disso, compreende-se que a atividade semiótica não pode ser totalmente isolada da atividade conceitual, porque as regras próprias de tratamento e coordenação dos registros de representação se subordinam a essa atividade. Temos, por exemplo, as associações série-paralela que, por sua vez, não são independentes da natureza causal e legal do conhecimento (GARCIA, 1982) a ser compreendido (modelo de corrente; leis de Kirchhoff para circuito elétrico; o porquê de não se ligar os terminais de um dispositivo elétrico bipolar no mesmo potencial...).

A aprendizagem representacional envolve mais do que a simples designação nominal e a reprodução de traços que permitem identificar dispositivos físicos em forma de símbolos. Tal aprendizagem representacional condiciona os outros tipos de aprendizagem na teoria ausubeliana, a conceitual e proposicional. Portanto, conceitos são também representados por símbolos particulares como uma forma culturalmente designada para representar o significado do conceito, embora o mesmo possa ter um sentido tanto denotativo como conotativo.

Na aprendizagem proposicional, exige-se mais do que aprender conceitos individualmente, a tarefa é entender o significado de idéias expressas por um conjunto de palavras que, na combinação entre elas, tem algum novo significado. Reportando-se ao mesmo exemplo de Ausubel (1980), o aluno só entenderá a lei de Ohm, que é uma proposição, se souber o significado dos conceitos de corrente, diferença de potencial, resistência, diretamente e inversamente proporcional com um grau suficiente de clareza.

As combinações das unidades simbólicas, por respeitarem regras de combinações convencionais, se submetem a certas condições de totalidade em que as conceituações subjacentes ao elemento e às combinações de conjunto permanecem, simultaneamente, pertinentes, completas e transformadas. Mais

concretamente as ligações entre componentes, formando um circuito elétrico devem ser necessariamente combinadas numa estrutura consistente em que permanecem as propriedades individuais, cuja combinação fica sujeita a uma transformação.

O desrespeito a essas regras e a falta de domínio conceitual apresenta-se, quando o aluno realizar ligações de dispositivos elétricos em curto-circuito, associar baterias de modo invertido, ligar todos os terminais de um dispositivo num mesmo potencial ou apenas conectar um terminal e desprezar a função do outro, deixar fios de ligação em aberto e outros .

O pensar físico envolve, em determinados momentos, o uso de quantidades expressivas de símbolos, além dos matemáticos. Com diversas finalidades, os símbolos podem servir como um simples apoio mnemônico, facilitando a atenção, a reflexão conceitual, a operacionalização de situações reais e imaginárias, e até conceber sistemas com associações complexas. Veja-se, por exemplo, um circuito elétrico envolvendo vários componentes com resistores, capacitores, indutores e uma fonte de energia. Logicamente, a leitura desse esquema elétrico só poderá ser feita com base num sólido e farto conhecimento conceitual.

Percebe-se, então, no que se refere à aprendizagem, que a questão da insuficiência da memorização não substantiva se coloca de imediato. Devido à afastada relação de semelhança entre símbolo e referente a que o pensar físico se sujeita, colocam-se funções psicológicas superiores (OLIVEIRA, 1993), o que demanda compreensão e operacionalização no trato das regras e conceitos vinculados, envolvendo um esforço de abstração que suplanta uma simples lembrança de um signo.

Uma atividade de ensino que se inicia por convenções pode acabar favorecendo para que os alunos cometam erros de codificação e esquematização, considerados, às vezes, triviais por quem ensina, encobrendo incorreções de conceituação. O discurso escolar, sendo qualitativamente diferente do cotidiano do discente, faz com que este perca o apoio do senso comum e se distancie do sentido concreto, o que num primeiro momento educativo é interessante que não aconteça.

Essa etapa inicial é o assentar das bases de um diálogo real ou simbólico que sustentará o processo de ensino-aprendizagem (GREF, 2002).

Os erros cometidos podem ser interpretados pelos professores como simples inexactidão de memorização ou operacionalização dos símbolos. De fato, como afirmaram Colin & Viennot (2002), quando se questionam os alunos sobre o que estão compreendendo a respeito de uma pictografia ou, no nosso caso, um esquema físico que desenharam de uma situação real, sem que os códigos prévios tenham sido apresentados, é possível aproveitar as falhas de figuração para discutir os verdadeiros problemas de conceituação, que se pode aproveitar para desenvolver a aprendizagem do conteúdo. De forma semelhante, é possível pensar uma situação inversa, em que se solicita aos estudantes realizar a montagem de um sistema real, tomando um esquema com códigos já ensinados. Tais procedimentos acabam por motivar a revelação de dificuldades de aprendizagem, como a incompreensão do que está sendo representado e, em decorrência, dos conceitos teóricos envolvidos.

A simples ação de decorar, copiar ou memorizar símbolos, de forma arbitrária e sem substantividade (AUSUBEL apud MOREIRA, 1982), inevitavelmente, acarreta um entendimento enganoso do assunto pelos alunos e ocultam do professor falhas conceituais essenciais que deveriam ser detectadas, explicitadas, debatidas e superadas. Conseqüentemente, os conteúdos que fazem uso de representações simbólicas deveriam estar no horizonte de preocupação de quem instrui.

1.6 A PROPOSTA DA LINGUAGEM PICTÓRICA

Com o objetivo de procurar minimizar os problemas levantados sobre simbolização e seus conceitos, propomos utilizar uma representação pictórica mais próxima dos alunos e utilizá-la em certos conteúdos de Física como um organizador prévio (AUSUBEL, 1980). O desenho seria um mecanismo provisório de representação pessoal, por isso informal, intuitivo e evidente, para representar 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, espontânea e sem uma preocupação maior em estabelecer de imediato seus códigos, regras, matematicidade, quantificações e, assim, incentivar a exploração conceitual. Claramente, essas primeiras representações realizadas pelos sujeitos vão ter uma semelhança quase fiel entre representante e representado, por não existir, por parte dos alunos, nenhum comprometimento com convenções pré-estabelecidas. Devido ao desenho pessoal elaborado ser uma imitação, a linguagem pictórica pode ser categorizada como linguagem baseada em signos tipo icônicos.

Em termos instrucionais gerais, estamos a sugerir que o processo comunicativo em sala de aula se inicie o estudo 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, os principais aspectos conceituais do conhecimento são postos num jogo simultâneo, que pretende explorar as concepções dos alunos e a superação das suas dificuldades relativas às significações de cada elemento e associações. Só após esse encaminhamento, passar-se-ia para um segundo momento, em que se introduziria e começaria a utilizar as convenções oficiais e se formalizaria o conteúdo. Nesta fase, quando fosse o caso, explicitar-se-ia o significado que a figuração simbólica pretende sugerir.

Na primeira etapa, é fundamental que muitas dificuldades conceituais se manifestem para serem discutidos e superados com os aprendizes, ao invés de deixá-los, inconvenientemente, para serem tratados junto à obrigatoriedade de uma prévia codificação abstrata. É a linguagem formal a responsável pelo afastamento do senso comum e por um esforço de memorização, que costuma tornar a aprendizagem pouco produtiva. No entanto, se na segunda etapa forem identificadas inconsistências no emprego da simbologia oficial, ou mesmo em qualquer outro momento, ainda é possível resgatar as representações por desenhos e estabelecer um paralelismo com as formas de convencionais, isto é, uma ação que vai auxiliar na construção dessa última etapa.

Com esses procedimentos, deseja-se que os alunos alcancem um patamar de conversão dos desenhos para os códigos oficiais, de tal forma que eles atinjam autonomia simbólica em relação a estes. Essa autonomia é alcançada, logo que o estudante for capaz de realizar a identificação representacional, reconhecer propriedades e funções individuais de cada símbolo, conseguir administrar analiticamente as normas de tratamento, justapondo-as às propriedades, funções e conceitos correlatos, do mesmo modo, leis e modelos explicativos vinculados ao conjunto. Enfim, o aprendiz deve estar apto a coordenar essas dimensões da linguagem simbólica numa totalidade coerente, dispensando, assim, os desenhos.

Em suma, o uso de desenho pretende ser um mediador que estimule e facilite a aprendizagem, na medida em que não parta diretamente das simbologias convencionais e antiintuitivas que, enquanto não internalizadas, afastam o aluno, num primeiro contato sobre o assunto, de um entendimento mais significativo do que está sendo estudado. Ao mesmo tempo, seu uso se torna um mecanismo de menor obstáculo para o surgimento de discussões de problemas e de incompreensões conceituais, que se mostram prejudicados e encobertos, se atrelados, de primeiro, às simbologias científicas. Com papel de representação intuitiva inicial, o desenho é um instrumento de ensino que potencializa perscrutar o tipo de raciocínio que está sendo desenvolvido e construído e se torna uma alternativa para os problemas conceituais dos estudantes emergirem de forma natural. A intermediação de uma simbolização pictórica vem auxiliar na utilização, sem receios, dos símbolos convencionados, pois estes perdem o aspecto intimidante de linguagem hermética (GOUVEIA & LABURÚ, 2005).

Enfim, com os desenhos, pretendemos iniciar a abertura do discurso condensado que fica subjacente aos símbolos, tornando-os, por isso, uma linguagem carregada de dificuldades. Através dessa abertura, o nosso anseio é descerrar para os alunos os diversos e interligados conteúdos veiculados pelos signos. O desenho se coloca, portanto, como uma proposta pedagógica, cuja finalidade é 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 pelas convenções e códigos.

1.7 OUTROS TRABALHOS CORRELACIONADOS

Lopes (2004), ao enumerar alguns auxiliares didáticos que podem contribuir para uma aprendizagem conceitual mais eficaz, cita, entre outros, as representações gráficas, como um meio de apreender um campo conceitual, ou apenas um conceito, recorrendo-se à função inter-semiótica que a representação pode desempenhar.

Uma maneira sugerida “consiste em estimular os alunos a fazerem representações figurativas das situações físicas e mediar, logo em seguida, a sua passagem para representações gráficas progressivamente mais abstratas”. (LOPES, 2004, p.125)

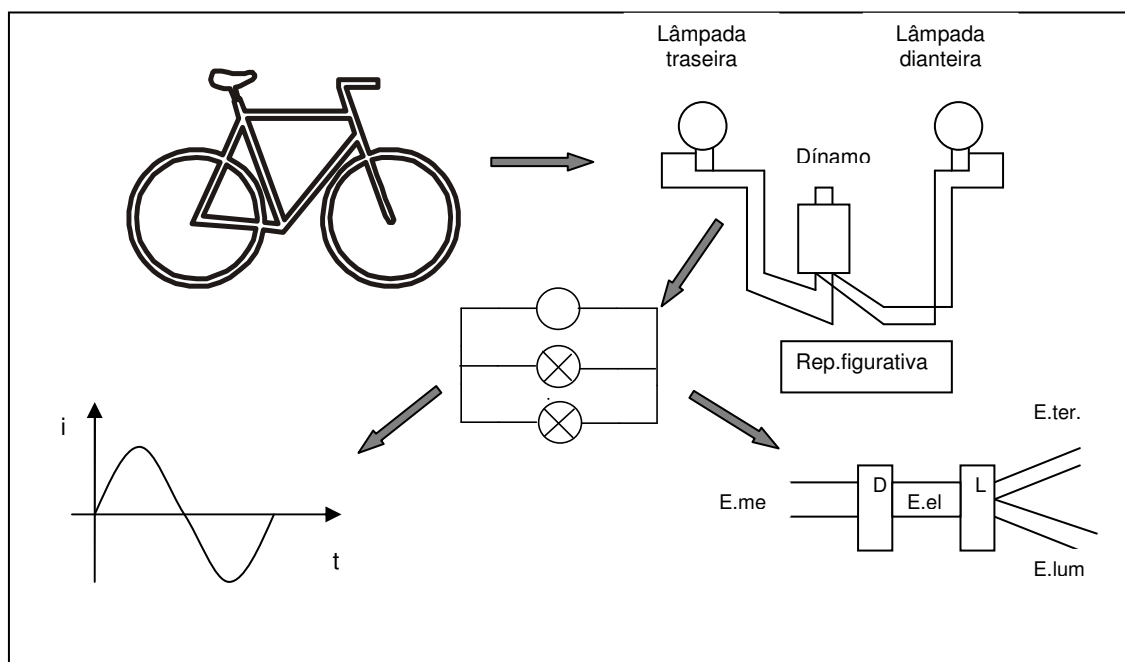


Figura 4: Percurso evolutivo de uma representação gráfica (Lopes, 2004).

Conforme se verifica na Figura 4, seguindo as setas, na passagem da primeira para a segunda representação, situadas no topo da figura, a atenção fica centrada no circuito elétrico da bicicleta, numa figuração mais próxima da realidade. Na terceira representação, situada no centro da figura, temos um diagrama convencional em Física. Aqui, na segunda abstração, o interesse está nas ligações dos componentes deste circuito elétrico. Na quarta representação, embaixo, lado esquerdo da figura, a preocupação é relativa à intensidade da corrente elétrica em

função do tempo. E, por fim, na quinta e última representação, lado direito, na parte inferior da figura, foca-se a atenção nas trocas energéticas no sistema de lâmpada. Dessa forma, é induzida, ao longo do trajeto, a evolução conceitual dos alunos ao fazerem um percurso de abstração progressivo.

Uma das funções educativas das representações gráficas, segundo Lopes (2004), ao representar o objeto figurativamente, como o desenho de um circuito elétrico, é facilitar a aprendizagem com vantagens de tempo e meios.

Embasado em preceitos construtivistas, Barros (1999) propõe uma avaliação contínua para a eletrodinâmica no Ensino Médio. A estrutura é composta de um conjunto de dezenove atividades que, segundo o autor, possibilita acompanhar a formação do conhecimento em circuitos elétricos.

No que interessa destacar, na atividade 1 A os alunos devem completar as ligações de maneira que cada uma das lâmpadas tenha a possibilidade de ser acesa, conforme a Figura 5.

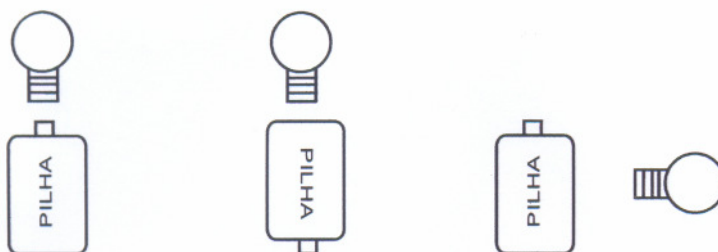


Figura 5: Atividade 1A proposta por Barros (1999), na sua dissertação de mestrado.

Em seguida, após uma discussão em grupo, na atividade 1B, os alunos refazem (ou não) os seus desenhos, mostrando todos os procedimentos de ligar uma pilha à lâmpada que, de fato, a faz acender. De posse dessas representações, os alunos na atividade dois, com materiais elétricos, verificam se realmente a lâmpada acende a partir das representações da atividade 1B.

Na atividade dezesseis, o professor solicita aos alunos um desenho de todas as possibilidades de ligar três lâmpadas a uma bateria, de tal modo que

todas elas acendam, seguido de uma explicação do sentido da corrente elétrica cada circuito representado pelo aluno. A finalidade é desenvolver a noção das diversas associações de resistores. Dando prosseguimento a essa atividade, Barros (1999) propõe ao professor colocar à disposição de cada grupo de alunos lâmpadas, baterias e os seus respectivos suportes, com a finalidade de verificar se os circuitos, que surgiram no painel da atividade 16, de fato conseguem fazer com que as três lâmpadas acendam simultaneamente e quais são as principais diferenças entre os três modelos de circuitos (série, paralelo, misto).

A nossa pesquisa difere da de Barros (1999) em três pontos. Primeiramente, enquanto Barros parte das representações dos alunos para a verificação concreta nos circuitos, conforme as atividades 1A ,1B e 2, descritas anteriormente, nós partimos das ligações realizadas na prática. No segundo ponto, é quanto à atividade 16 de Barros (1999), em que partimos de um circuito elétrico real em série e em paralelo, solicitamos aos alunos uma esquematização com sua representação pessoal e, a partir desses esquemas, consolidamos os conteúdos e as simbologias convencionais.

Outra diferença que deve ser destacada está nos objetivos da pesquisas. Em Barros (1999) é buscado um sistema de avaliação contínuo e coerentemente integrado num curso de Física de Nível Médio. Barros se mostra preocupado com a forma que a avaliação está sendo conduzida nas escolas, que não tem colaborado para gerar uma aprendizagem adequada aos educandos, mas, e sobretudo, tem servido ao controle da conduta e das atitudes dos estudantes em sala de aula.

Por outro lado, o objetivo central da nossa pesquisa é verificar até que ponto uma representação mais próxima do aluno incita ou explicita as dificuldades dos alunos, tanto no que se refere ao tratamento simbólico, quanto às normas e fatores suscetíveis, coordenados aos conceitos que lhe correspondem.

A utilização de uma representação mais próxima do aluno como instrumento de levantamento de dados para pesquisa em circuitos elétricos não é nova. Um trabalho realizado por Pacca et al (2003), envolvendo cerca de 200 alunos

do Ensino Médio de diversas séries (1º, 2º e 3º anos), consistiu na realização de desenhos individuais de um circuito elétrico, composto de uma lâmpada de lanterna, fios e uma pilha, com o objetivo de explicar o que ocorria no interior do circuito. O objetivo do estudo foi estudar as concepções da corrente elétrica de um ponto de vista da estrutura dos materiais e das fontes produtoras dessa corrente.

As autoras já consideravam que as respostas por meio de desenhos dessem maior oportunidade de expressão, os quais, segundo as pesquisadoras, foram mais sugestivos, revelando características de um modo especial de pensar pela quantidade de detalhes nas representações dos educandos. Os alunos tinham a possibilidade de complementar com um texto verbal, explicando mais detalhadamente o seu desenho. Para exemplificar, apontemos uma representação pictórica reproduzida da pesquisa mostrada na Figura 6.

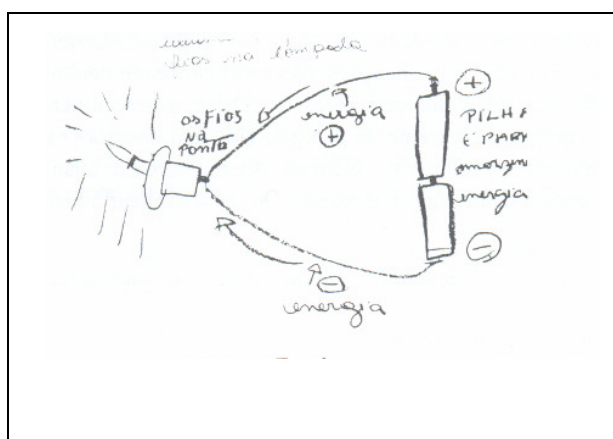


Figura 6: Desenho de um circuito elétrico da pesquisa de Pacca et al (2003).

Ao analisar o desenho verificamos a concepção alternativa de que a luz é proveniente do encontro de cargas positivas e negativas, segundo as autoras “...fica caracterizada a corrente com dois sentidos, nomeada de energia, indicada por (+) e (-), em cada ramo do circuito”. O aluno ao não representar o filamento deixa a luz figurada na lâmpada sem uma relação aparente com os demais elementos do seu desenho.

Em suma, utilizamos as próprias palavras das autoras para ressaltar por que trabalhamos, nesta pesquisa, com uma representação mais próxima do

aluno: “...outro resultado interessante foi a constatação da atividade com desenho para diagnosticar esses modelos pouco formalizados e oferecer material para discussão e confronto de idéias na sala de aula” (PACCA ET AL, 2003, p.166).

Prain e Waldrip (2006) efetuaram um estudo com o objetivo de avaliar estratégias de ensino e aprendizagem, para melhorar o aprendizado dos alunos em escolas na Austrália, por meio de várias atividades representacionais dos mesmos conceitos em uma sala de aula de Ciências.

As observações foram feitas por mais de sete semanas focando principalmente a compreensão do aluno sobre as diferentes representações relativas aos conceitos de circuitos elétricos. Primeiramente, o professor ensinou como conectar uma lâmpada a uma bateria, em seguida mostrou as representações dessas ligações por meio dos diagramas elétricos. Durante a seqüência foi pedido aos alunos que construíssem circuitos simples em série e em paralelo. Regularmente era solicitado aos discentes o desenho do circuito elétrico, e o registro no livro de exercícios ou folhas complementares as quais estavam utilizando nas aulas. Na Figura 7, exemplos de desenhos da pesquisa.

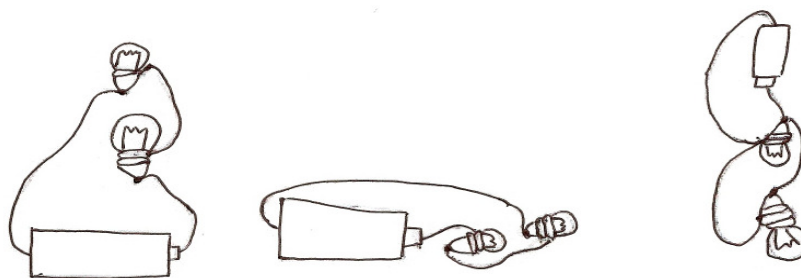


Figura 7: Desenhos de circuitos em série e paralelo da pesquisa de Prain e Waldrip (2006).

No tocante aos termos representacionais trabalhados com circuitos elétricos, os alunos iniciaram as suas atividades com uma explanação do professor, trabalharam com modelos e experimentos, desenharam o que já tinham construído e fizeram apresentações em sala de aula.

Os resultados encontrados indicaram que o aprendizado foi muito influenciado pelo envolvimento dos alunos nos múltiplos recursos utilizados. Porém, alguns deles podem promover a aquisição de habilidades importantes para o

desenvolvimento do aprendizado pois as mesmas, por si só, não significam aprendizado dos conceitos. É o caso de alunos que construíram com sucesso circuitos elétricos, porém falhavam na explicação verbal dos conceitos.

Alguns alunos durante as entrevistas tiveram dificuldades de construir um circuito simples quando os materiais usados possuíam diferenças superficiais daqueles utilizados em sala de aula. Tais variações pareceram interferir na capacidade de construir um circuito, sugerindo que eles não compreenderam os conceitos fundamentais.

Outros que enfrentaram problemas de aprendizado afirmaram preferir desenhos, por ser uma representação mais clara para eles. Mesmo a despeito da exatidão do desenho alguns conceitos alternativos foram mantidos. Por exemplo, alguns alunos persistiram na explicação da luz como consequência do choque entre duas correntes elétricas no interior da lâmpada.

Lopes (2004) e Barros (1999), já citados anteriormente, sugerem a aplicação de desenhos como uma estratégia educacional, enquanto que Pacca et al (2003) e Prain e Waldrup (2006) os utilizam de forma efetiva nas suas pesquisas com objetivos diferentes. Na primeira foi estudar as concepções da corrente elétrica de um ponto de vista da estrutura dos materiais, na segunda, os desenhos eram um dos componentes na estrutura metodológica da pesquisa, pois a mesma tinha como preocupação verificar como se dava a aprendizagem quando os alunos se empenhavam com representações múltiplas dos mesmos conceitos de ciências.

1.8 CIRCUITOS ELÉTRICOS

A eletricidade e suas aplicações com o avanço tecnológico estão, cada dia mais, presentes em nossas vidas. Somos hoje completamente dependentes dos mais variados aparelhos eletroeletrônicos, das aplicações da eletrônica embarcada, dos instrumentos de medida e diagnósticos como na medicina e outros.

Os jovens de 16 a 17 anos, idade dos alunos do último ano do ensino médio, na sua grande maioria, possuem celulares, “walkman”, gostam de “vídeo game”, televisão, cinema e prezam o seu computador e aparelho de som. Neste cotidiano de alta tecnologia constroem conceitos, mesmo distantes do significado científico, como potência, energia, corrente elétrica e, ainda assim, a escola, muitas vezes, não consegue despertar o interesse pela aprendizagem dos conceitos de eletricidade, tão presentes no seu dia-a-dia.

Esses conceitos denominados na literatura científica como concepções espontâneas, alternativas, preconceções e ou do cotidiano são resistentes a mudanças e persistem freqüentemente após longos períodos de instrução escolar, como comprova um estudo realizado por Solano et al (2002), ao pesquisar a evolução das preconceções que possuem os alunos sobre circuitos elétricos de corrente contínua. Esse estudo, realizado com 1777 alunos no ensino denominado Sistema de Ensino Tradicional em comparação com 1563 alunos do Novo Sistema Educativo (sistema LOGSE), na Espanha, chega à conclusão que “depois de mais de oito anos de instrução sobre circuitos elétricos de corrente contínua os alunos seguem respondendo a perguntas simples sobre os mesmos com as idéias particulares que possuem no momento, esquecendo quase por completo a formação recebida durante anos” (Solano et al, 2002).

Cohen et al (1983) também relata que, na sua experiência no ensino secundário e inclusive no universitário, os alunos mesmo após um estudo sistemático e avançado de conteúdos de eletricidade, em que se tornam bastante eficientes em executar algoritmos complicados, de modo freqüente são incapazes de analisar circuitos elétricos simples qualitativamente.

Engelhardt & Beichner (2004) desenvolveram um teste com 29 questões para detectar e interpretar conceitos sobre circuitos elétricos resistivos de corrente contínua, aplicado a centenas de alunos, sendo a primeira versão a 1135 estudantes e a segunda a 695 alunos, de nível médio e universitário nos Estados Unidos e Canadá, cujos resultados reproduziram as dificuldades relatadas na literatura.

Muitos alunos que, aparentemente, podem demonstrar terem apreendidos os conceitos científicos, ao resolver muitos problemas, nos quais o domínio dessas concepções supostamente é necessário em soluções numéricas, voltam a apresentar em determinadas situações posteriores ao ensino concepções alternativas que evidenciavam antes da instrução. Em nosso meio, esse tipo de pesquisa foi realizado por Moreira e Domingues (1989) que constataram também a grande estabilidade das idéias alternativas quando não são levadas em conta de maneira explícita na instrução (SILVEIRA ET AL, 1989).

Shipstone (1988) realizou uma pesquisa, com 1250 alunos de cinco países na Europa, por meio de um teste composto de treze questões de múltipla escolha que possui na sua estrutura esquema formal de circuito e alguns desenhos de lâmpada e bateria. Apesar das diferenças que emergiram, os resultados apontam um padrão nas respostas e a existência de dificuldades comuns de aprendizagem.

Exemplos de respostas típicas e dificuldades conceituais sobre corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica estão discriminadas no Quadro 1, retirada de Dorneles et al (2005), com adaptações.

Quadro 1: Dificuldades conceituais e concepções alternativas em circuitos elétricos.

Conceitos	Dificuldades conceituais	Concepções alternativas: Os alunos...
1. Corrente elétrica	1. Visualizar que a intensidade da corrente elétrica em um circuito depende das características da fonte, mas também do que foi acoplado entre os seus terminais. 2. Considerar a conservação da corrente elétrica. 3. Reconhecer que a intensidade da corrente elétrica não depende da	a) ...pensam que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante. b) ...pensam que a corrente se desgasta ao passar por uma resistência elétrica. c) ...acreditam que a ordem dos elementos no circuito e o sentido da corrente elétrica são relevantes.

	<p>ordem em que se encontram os elementos no circuito e nem do sentido da corrente.</p>	<p>d) ...pressupõem que a fonte fornece os portadores de carga responsáveis pela corrente elétrica no circuito.</p>
<p>2. Diferença de potencial</p>	<p>1. Dificuldades em diferenciar os conceitos: diferença de potencial e corrente elétrica.</p> <p>2. Dificuldades em diferenciar os conceitos de diferença de potencial e de potencial elétrico.</p> <p>3. Deficiência para reconhecer que uma bateria ideal mantém uma diferença de potencial constante entre seus terminais.</p> <p>4. Calcular a diferença de potencial entre pares de pontos ao longo do circuito.</p>	<p>e) ...pensam que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante e não como uma fonte de energia.</p> <p>f) ...percebem a diferença de potencial como uma propriedade da corrente elétrica.</p> <p>g) ...consideram que as diferenças de potencial entre pares de pontos diferentes ao longo do circuito permanecem constante.</p> <p>h) ...associam o brilho de uma lâmpada com o valor do potencial em um dos terminais da lâmpada.</p>
<p>3. Resistência elétrica</p>	<p>1. Dificuldades para distinguir resistência equivalente de uma parte do circuito e a resistência elétrica de um elemento individual.</p> <p>2. Perceber que a resistência equivalente é uma abstração útil para obter a corrente total ou a diferença de potencial em uma parte do circuito.</p> <p>3. Compreender que as divisões de corrente elétrica</p>	<p>i) ...freqüentemente pensam na resistência equivalente no circuito como se fosse uma propriedade de um elemento individual do circuito.</p> <p>j) ...ao determinar como se divide a corrente elétrica em ramos paralelos de um circuito, consideram somente o número de ramos e não as resistências elétricas relativas dos vários ramos.</p> <p>l) ...pensam que se um</p>

	<p>em um ponto de junção do circuito dependem da configuração do circuito.</p> <p>4. Entendimento da associação em série de resistores como um impedimento à passagem de corrente; e da associação em paralelo como um caminho alternativo, para a passagem de corrente.</p> <p>5. Identificar associações em série e em paralelo.</p>	<p>resistor reduz a corrente por x, dois resistores vão reduzi-la por $2x$, independentemente do arranjo dos resistores.</p> <p>k) ...consideram que resistores alinhados em série estão associados em série quer haja uma junção ou não entre eles e que resistores alinhados geometricamente em paralelo estão associados em paralelo mesmo se há uma bateria no ramo.</p>
--	--	--

Além desses padrões de respostas incompatíveis com as científicas, os alunos possuem dificuldades quanto à interpretação e representação dos diagramas esquemáticos utilizados para representar os elementos de um circuito e examinar seu comportamento. Muitos não reconhecem um circuito fechado corretamente (FREDETTE ET AL, 1980), ou vêem esses diagramas como um sistema de tubos onde a corrente escoar como um fluido, ao qual eles se referem como corrente elétrica. (JOHSUA, 1984)

Na análise de um circuito elétrico, dois modos de raciocínio dos alunos são reportados: local e seqüencial em vez de sistêmico ou holístico. Primeiro, no raciocínio local focalizam a atenção num ponto e ignoram o que vem à frente, ou seja, o circuito elétrico não é visto como um sistema dentro do qual uma modificação em um determinado ponto causa uma alteração do circuito como um todo.

Como exemplo de raciocínio local seja o caso do circuito:

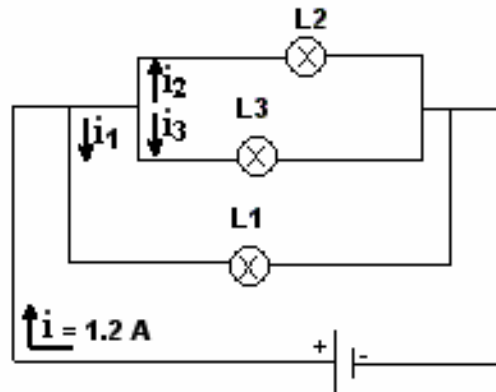
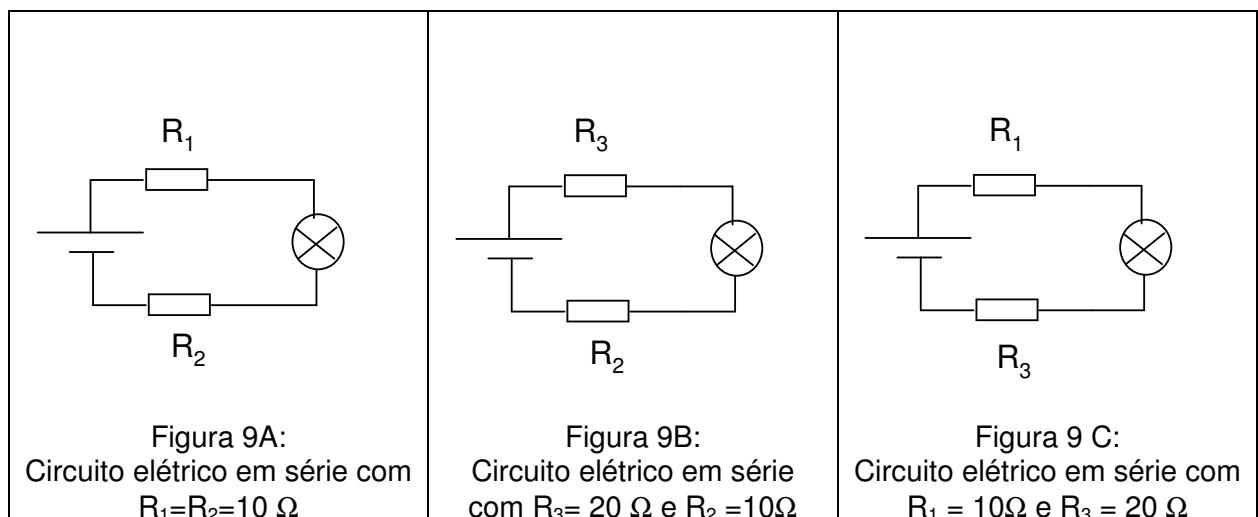


Figura 8: Circuito elétrico com três lâmpadas idênticas em paralelo (Duit, 1997).

Este circuito elétrico está numa representação gráfica que disfarça a simetria paralela que existe entre as três lâmpadas idênticas o que induz alunos ao raciocínio local. Na pesquisa de Duit (1997), sessenta por cento dos alunos estimaram que $I_1 = 0,6A$, $I_2 = I_3 = 0,3A$, ao dividirem a corrente em duas partes iguais em cada nó do circuito.

Segundo, num raciocínio seqüencial os alunos analisam um circuito elétrico em termos de “antes” e “depois” de passar a corrente. Isto é, ao modificar um elemento no início do circuito, este provocará uma modificação no que vem depois, e uma modificação no final do circuito não influenciará os elementos situados antes. Na pesquisa de Shipstone (1988), a questão 12 de sua pesquisa previa as seguintes situações, conforme as Figuras 9 A, 9 B e 9 C.



Foi apresentado o circuito elétrico da Figura 9 A com os resistores R_1 e R_2 iguais a 10Ω , onde circulava uma corrente de $0,4 \text{ A}$. Na primeira alteração, R_1 foi trocado por outro resistor (R_3) de valor 20Ω resultando no circuito da Figura 9B. Na segunda alteração é reposto o resistor R_1 , e o resistor R_2 é trocado pelo R_3 de valor 20Ω . Em todos os circuitos a bateria e a lâmpada permanecem as mesmas. A questão solicitava que fossem comparadas as correntes na lâmpada entre os circuitos. Em consequência do raciocínio seqüencial, os alunos costumam responder que o aumento da resistência que vem antes da lâmpada, Figura 9 C, resulta em menor corrente na lâmpada e que a alteração o valor do resistor “depois” da lâmpada resulta na mesma corrente.

Em relação ao circuito elétrico da Figura 10, também composto de três lâmpadas iguais em uma associação mista, os participantes da pesquisa respondem que, com a chave fechada, o brilho da lâmpada A não seria afetado, pois a corrente já teria passado por aquele ponto. (CLOSSET, apud ENGELHARDT & BEICHNER, 2002)

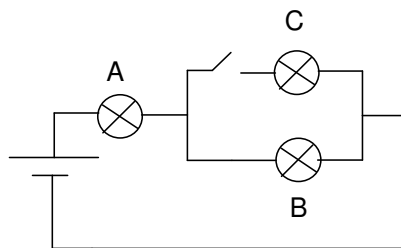


Figura 10: Circuito elétrico misto com lâmpadas iguais.

Os alunos que usam o raciocínio seqüencial acreditam na variação da intensidade de corrente elétrica à medida que encontra um componente resistivo em seu caminho e uma modificação em qualquer parte do circuito não altera a corrente enquanto esta não atingir o ponto alterado.

Raciocínios incorretos, dificuldades conceituais e concepções alternativas fazem com que os alunos não vejam o que realmente deve ser visto, mas aquilo que suas concepções permitem que eles vejam (SCHLICHTING, apud DUIT, 1997), e evidenciam a importância de estudos de estratégias de aprendizagem para superar estas dificuldades. Ou seja, devemos procurar focar a

nossa atenção na explicitação dessas dificuldades no decorrer da aprendizagem para que o professor possa conduzir melhor o processo de ensino e aprendizagem.

Entrelaçada a estes conceitos vemos que há uma linguagem gráfica, com sua simbologia própria e regras de notações específicas, por isso o “reconhecimento dos alunos do que estes diagramas representam é um aspecto importante na compreensão de circuitos“ (ENGELHARDT & BEICHNER, 2004).

2. METODOLOGIA

2.1 NATUREZA DA PESQUISA

Com base em um estudo sobre os problemas de método de pesquisa em psicologia apontados por Vygotsky, Pacca e Fukui (2002) chamam a atenção para o fato de que os testes sobre conceitos relacionados a circuitos elétricos não evidenciam o desenvolvimento do processo de aprendizagem porque o pensamento expresso nas respostas objetivas é um resultado do modo de pensar do aluno. Desse modo, não dão conta dos elementos que estão certamente presentes no decorrer da aprendizagem. Partindo dessa perspectiva, a metodologia utilizada na presente pesquisa pretendeu ser compatível com o objetivo aqui visado nesta, que é o de verificar até que ponto os desenhos explicitam as dificuldades conceituais e de representação dos alunos.

Assim, o método a ser utilizado na presente pesquisa se assemelha ao utilizado por Pacca et al (2003), consistindo na realização e análise de desenhos individuais produzidos pelos alunos, com a possibilidade de texto verbal, completando ou explicando mais detalhadamente o desenho. As diferenças entre os trabalhos estão no objetivo da pesquisa que, em Pacca et al (op.cit.), foi estudar as concepções de corrente elétrica do ponto de vista da estrutura dos materiais e na complementação dos desenhos dos alunos que foi realizada por meio de textos escritos. Na presente pesquisa, as representações por desenhos serão seguidas de entrevistas semi-estruturadas.

A razão para se obter os dados por meio de material escrito dos sujeitos em atividades instrucionais, complementados por entrevistas semi-estruturadas, se deve ao fato de as formas de expressões utilizadas pelos investigados: verbal, simbólica ou pictoricamente, refletirem de modo coerente as suas representações cognitivas internas.

A entrevista é considerada um dos instrumentos básicos para a coleta de informações em pesquisas qualitativas. Sua vantagem “sobre outras técnicas é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada,

praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos” (LÜDKE & ANDRÉ, 1986). A opção pela entrevista semi-estruturada possibilita aos entrevistados discorrer livremente, evitando ao máximo as respostas simples, o que é apropriado para o objetivo desta pesquisa que procura, a partir das representações incorretas e das falas dos alunos, explicitar as suas dificuldades conceituais em circuitos elétricos. A gravação na íntegra e direta em áudio foi o mecanismo de coleta de dados.

A pesquisa, realizada em condições naturais de trabalho, com o acompanhamento direto do pesquisador, não restringe as formas de expressões dos alunos que resultam em dados reais que, ao serem descritos, permitem uma abordagem qualitativa.

2.2 O CONTEXTO INVESTIGADO

A investigação foi realizada em uma turma regular de terceiro ano do Ensino Médio do período noturno do Colégio Estadual Professor Izidoro Luiz Cerávolo, pertencente à rede pública estadual de ensino em Apucarana-PR. O pesquisador, professor que acompanha os alunos desde o primeiro ano do Ensino Médio, caracteriza a turma como heterogênea, formada por alunos com pouca ou muita dificuldade para a aprendizagem da disciplina de Física, oriundos de diversas regiões da cidade e que vivem realidades distintas, com idade variando entre 16 e 18 anos.

Vinte e seis alunos participaram das atividades, sendo observados nove alunos, durante o desenvolvimento normal das aulas, sobre o conteúdo de circuitos elétricos. Eles foram esclarecidos sobre a pesquisa, e obtendo a aprovação dos mesmos, incluímos as atividades de representações simbólicas, objeto de nossa pesquisa.

2.3 PROCEDIMENTOS E COLETA DE DADOS

No trabalho com circuitos elétricos no Ensino Médio, na maioria das vezes, o aluno não “escreve” um diagrama recebe-o pronto no livro didático e seu trabalho é efetuar os vários cálculos ou responder as questões solicitadas. A representação dos circuitos elétricos se baseia em símbolos, cujas regras de combinação são convencionais sujeitas aos conceitos físicos que representam.

O professor não tem conhecimento da imagem e compreensão que está sendo formada na estrutura cognitiva do educando sobre os diversos conceitos que estão sendo estudados. O aluno realmente entende o que é um circuito fechado? E a sua necessidade? Sabe ligar duas lâmpadas em série ou em paralelo, não apenas numa disposição geométrica que facilite essas ligações? Reconhece suas características quanto à intensidade de corrente elétrica e diferença de potencial? Identifica um curto-circuito numa representação de circuitos elétricos, quando os dois terminais de um componente estão ligados no mesmo potencial?

Para explicitar essas dificuldades propomos analisá-las por meio de desenhos produzidos pelos alunos no decorrer do processo de aprendizagem, em quatro atividades de crescente complexidade. Tal progressão deve-se ao fato de a própria seqüência didática ser tradicionalmente empregada no estudo dos circuitos elétricos.

Iniciamos a primeira atividade com um circuito simples composto de apenas uma lâmpada. Em seguida, passamos para o estudo de associações de resistores em série, paralelo e misto. Todas as atividades foram desenvolvidas após as explicações dos conteúdos pertinentes a cada uma delas num contexto regular de sala de aula. Tais atividades serão detalhadas a seguir:

2.3.1 Atividade 1

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, 1984).

Contudo essa atividade só foi realizada após os alunos terem construído um circuito elétrico com uma lâmpada de pisca-pisca de Natal, chave interruptora e uma bateria. Para a confecção do circuito, o professor, utilizando de aulas expositivas, já tinha desenvolvido o estudo dos elementos de um circuito elétrico onde os conteúdos de corrente elétrica, resistência e diferença de potencial foram tratados. Os materiais utilizados neste circuito estão mostrados na Figura 11.

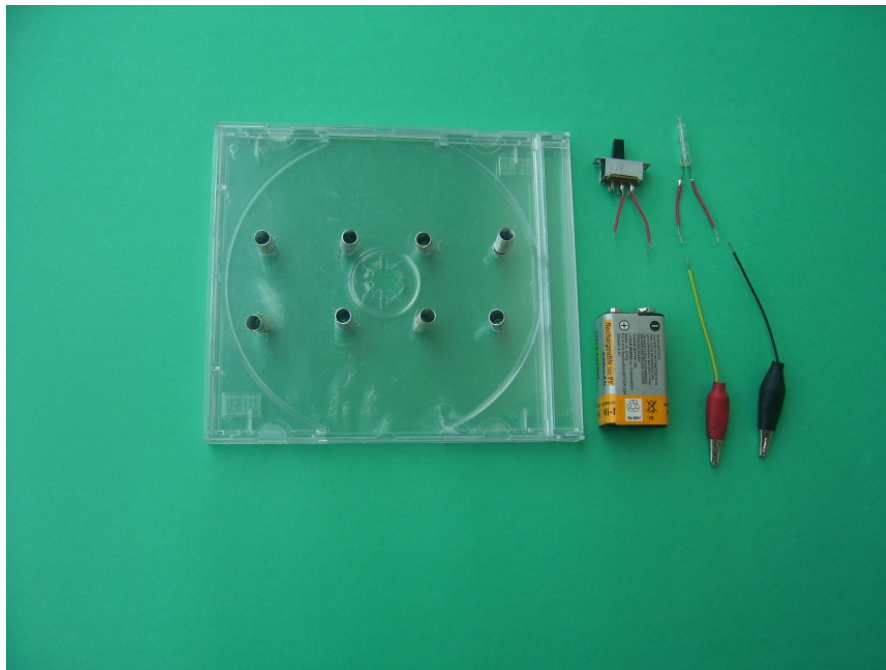


Figura 11: Materiais utilizados na atividade 1.

Na lâmpada de pisca-pisca de Natal, na chave interruptora e nas garras de tipo “jacaré”, foram soldados pedaços de fios para facilitar as ligações feitas por meio de molas fixas a uma caixa acrílica de CD. Desse modo, não há necessidade de soldagem de nenhum componente permitindo desmontar e construir os mais diversos circuitos elétricos.

2.3.2 Atividade 2

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.

Antes da atividade 2, os alunos já tinham verificado o que acontece com o brilho de uma lâmpada, quando se adiciona uma segunda e uma terceira lâmpada idêntica em série. Posteriormente, a pedido do professor, os discentes fizeram duas modificações: alteraram a ordem das lâmpadas e as ligações dos pólos da bateria. Com essas ações, pretendíamos que os alunos verificassem que a intensidade de corrente elétrica não depende do sentido da corrente nem da ordem dos elementos. O objetivo era superar possíveis concepções alternativas dos discentes já alertadas e descritas anteriormente neste trabalho. Na Figura 12, apresentamos o circuito utilizado no ensino da associação em série.

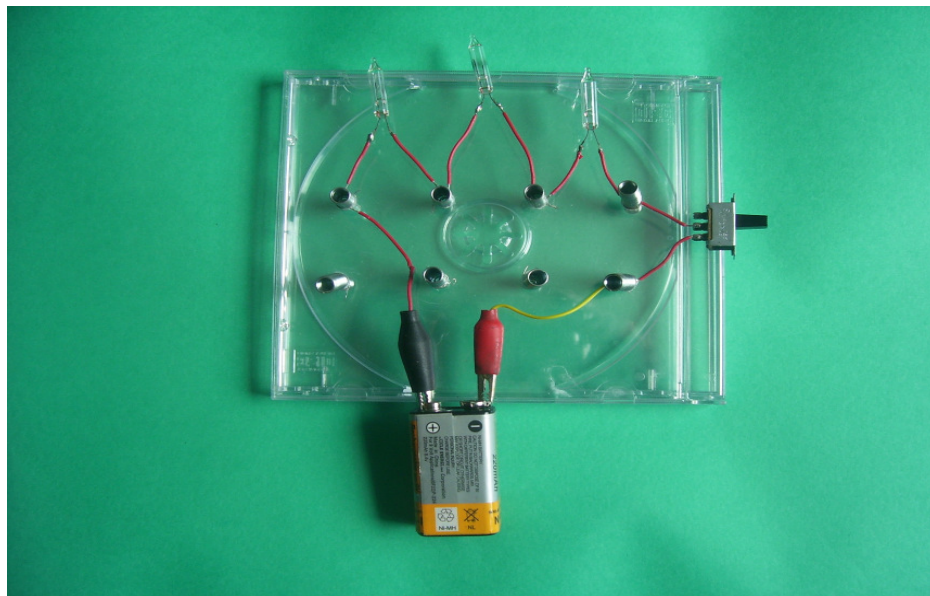


Figura 12: Circuito elétrico utilizado na atividade 2.

2.3.3 Atividade 3

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.

2.3.4 Atividade 4

Na quarta atividade, os alunos receberam um circuito composto de quatro lâmpadas associadas em paralelo duas a duas (Figura 13), com o qual puderam interagir durante as explicações do professor. Em seguida foi solicitada a sua representação.

O objetivo pedagógico foi levar o aluno a ser capaz de tratar o circuito como um sistema, ao observar que uma alteração feita em qualquer parte do circuito resulta numa modificação em outros pontos. Por solicitação do professor, os alunos retiraram uma das lâmpadas do circuito elétrico. Desta maneira, puderam verificar pelo brilho das lâmpadas, que a intensidade de corrente elétrica depende do circuito que está ligado numa bateria.

O objetivo da pesquisa foi analisar por meio de desenhos as dificuldades que pudessem ainda persistir após o trabalho com os alunos dos conteúdos curriculares de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência, os diversos tipos de associações de resistores e a noção de circuito fechado.

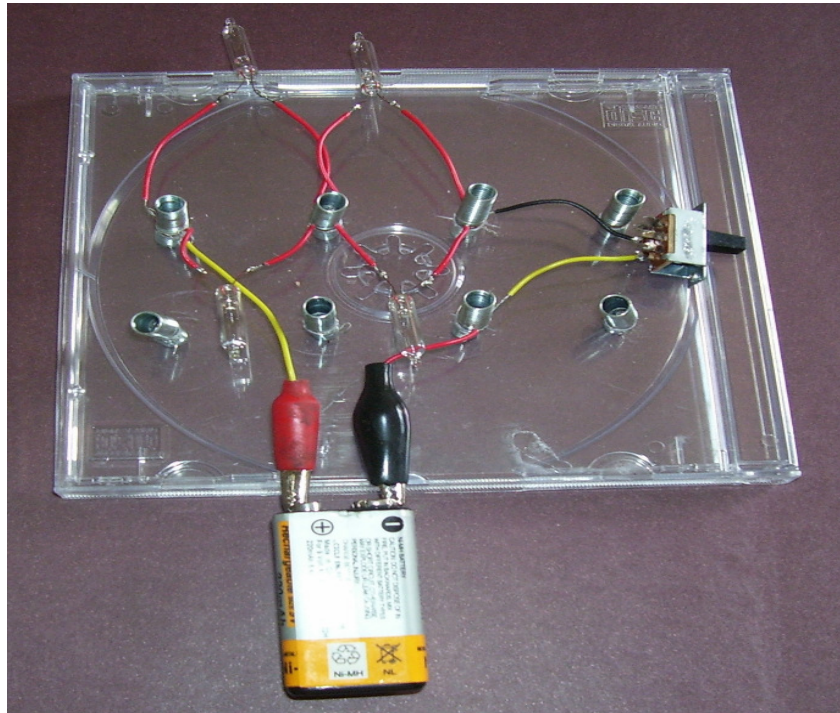


Figura 13: Circuito elétrico utilizado na atividade 4.

Os circuitos trabalhados e representados pelos alunos por meio de desenhos foram utilizados pelos mesmos como um mecanismo de ancoragem no momento da aprendizagem das simbologias oficiais, e os conceitos físicos foram sendo (re)apresentados e discutidos sempre que necessário.

A análise dos dados foi embasada nas representações simbólicas incorretas e nas entrevistas dos alunos. Preocupamo-nos em identificar as dificuldades representacionais e conceituais dos alunos em circuitos elétricos, confrontando esta prática, no capítulo seguinte, com a literatura.

3. ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

3.1 DESENHOS DA ATIVIDADE 1

Nessa atividade foi solicitado aos alunos um desenho de um circuito elétrico simples capaz de acender uma lâmpada. Os alunos já tinham construído e manejado um circuito elétrico após as explicações do professor dos conteúdos curriculares de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica e dos elementos de um circuito elétrico, bem como as noções de circuitos elétricos fechado, aberto e em curto-circuito.

3.1.1 Aluna Camila

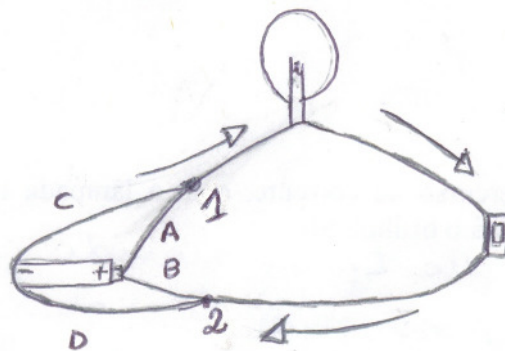


Figura 14: Desenho de um circuito elétrico simples da aluna Camila.

Pela representação da Figura 14, 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 14.

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”*.

O trecho da entrevista da aluna, Anexo F, revela a sua concepção de corrente elétrica:

P: Quantos fios você ligou no pólo positivo?

Camila: Dois.

P: Vou numerar todos os fios que estão ligados na pilha em A,B, C e D. Certo?

Camila: Tudo bem.

P: Então, Camila. Quantos fios você ligou na bateria?

Camila: Quatro. A e B no positivo e C e D no negativo.

P: Por quê?

Camila: Ah... a carga positiva sai do positivo e a negativa do pólo negativo....

P: Por quais fios?

Camila: Pelos fios A e C e aí passa pela lâmpada indo até a chave e retorna a carga positiva para o positivo da pilha e a carga negativa para o pólo negativo da pilha.

P: Pelos fios...

Camila: B e D.

P: Então, Camila, o que é corrente elétrica para você?

Camila: São cargas elétricas em movimento. Como eu falei a carga negativa sai do negativo, a carga positiva sai do positivo se junta aqui...

P: Um momento, vou colocar mais dois pontos 1 e 2 e você me localiza por eles OK?

Camila: OK. Aí, professor, as cargas se juntam no ponto 1, passam pela

lâmpada, pela chave, continuam o caminho e quando chega no ponto 2 voltam para os seus pólos e assim vai.

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.

P: Quantos volts tem uma pilha?

Camila: 1,5.

P: E quantos volts há nos pontos 1 e 2?

Camila: 1,5.

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.

3.1.2 Aluna Flaviane

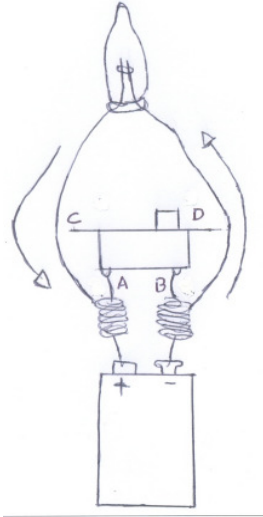


Figura 15: Desenho de um circuito elétrico simples da aluna Flaviane.

Pela representação da Figura 15, identificamos a chave colocada em paralelo com a lâmpada e a bateria, o que indica a não compreensão do funcionamento da chave pela aluna. Para entender os conceitos aí envolvidos foi necessária uma entrevista com a aluna.

Flaviane, com a falsa idéia de que seu circuito estava correto, não percebia que, ao ligar a chave, colocava em curto-circuito a bateria e, ao desligar a mesma, o curto era desfeito, por isso a lâmpada acendia. A aluna, ao não relacionar as grandezas de corrente e resistência, não conseguia perceber que, ao ligar a chave, o valor da resistência é nulo, fazendo com que a corrente elétrica seja desviada por meio da chave. A transcrição da parte da entrevista mostra esse momento.

P: Bem, se a função da chave é ligar e desligar a lâmpada, isto é, interromper a corrente, pelo que você desenhou, a chave não está no meio do caminho da corrente. Como pode a chave ligar e desligar a lâmpada?

Flaviane: (Pensa e responde) Não sei.

- P: Observe o seu desenho. A corrente não teria outro caminho a percorrer?
- Flaviane: Teria. O caminho da chave.
- P: Se há dois caminhos para ela percorrer, um passando pela lâmpada e outro pela chave, como é que pode a chave ligar e desligar?
- Flaviane: Não sei.
- P: Vamos verificar. Vou colocar ponto C e ponto D na chave. No ponto C, a chave está ligada ou desligada?
- Flaviane: (Observa a chave) Desligada.
- P: Observe melhor.
- Flaviane: Está ligada, ligada.
- P: No ponto C a chave está ligada e no ponto D...
- Flaviane: Desligada.
- P: Quando a chave está ligada, ela conecta o fio A com o fio B e, quando ela está desligada, ela interrompe os dois fios. Retomando: a chave está na posição...
- Flaviane: C.
- P: Na posição C, a chave está ligada ou desligada?
- Flaviane: Ligada.
- P: Quando a chave está na posição D, ela está...
- Flaviane: Desligada.
- P: O que você está observando? Quando a chave está na posição...
- Flaviane: C, que é ligada, a lâmpada não está acendendo. Se eu desligar a chave, a lâmpada acende.
- P: E você sabe por que isso está ocorrendo?
- Flaviane: Não sei.

Outra dificuldade é quanto à consistência do seu raciocínio. Flaviane soube definir resistor, mas se contradisse ao afirmar que a chave dificulta a passagem de corrente elétrica. A seguir, disse que a corrente faz o caminho mais fácil através da própria chave.

- P: O que é a lâmpada para você?
- Flaviane: É um resistor.
- P: E qual a característica ou função do resistor?

Flaviane: É... oferecer resistência à passagem de corrente.

P: Então, pelo seu desenho no circuito, a corrente tem dois caminhos a serem percorridos. Quando você liga a chave, o que está acontecendo com a lâmpada?

Flaviane: Apaga.

P: Por quê?

Flaviane: Porque ela (a chave) deve estar dificultando a passagem de corrente.

P: Não é ao contrário? A corrente deve estar fazendo o quê?

Flaviane: O caminho mais fácil.

P: Olhe bem para o seu desenho, esqueça a lâmpada e tente me explicar o que acontece quando você liga a chave.

Flaviane: Como assim?

P: Na realidade, quando você liga a chave, isto é, quando você coloca a chave na posição C, está sendo conectado o fio A e B. Certo?

Flaviane: Certo.

P: Quando você faz isso, você está ligando o que, na realidade?

Flaviane: O pólo negativo com o pólo positivo.

P: Certo. Neste caso, qual o valor da resistência entre os pontos A e B?

Flaviane: O valor da resistência?

P: Isso. Qual o valor?

Flaviane: Não sei.

As perguntas para a aluna eram de natureza qualitativa, assim, ao ser questionada sobre o valor da resistência entre os pontos A e B da sua representação, não havia a necessidade de cálculos, o que mostra a sua incapacidade de analisar um circuito qualitativamente.

3.2 DESENHOS DA ATIVIDADE 2

Ao realizar essa atividade os alunos já tinham estudado as características das ligações em série e construído um circuito composto de três lâmpadas iguais, uma bateria e uma chave interruptora.

3.2.1 Aluno Roney

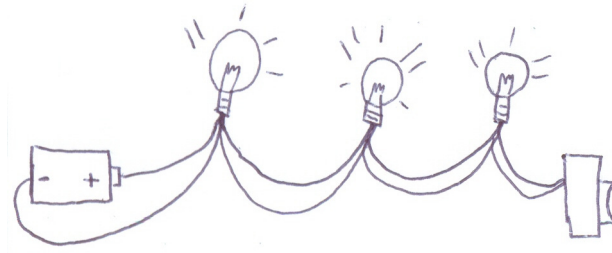


Figura 16: Desenho de um circuito elétrico em série do aluno Roney.

Na representação simbólica do aluno Roney, Figura 16, 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 metodologia, 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. Mas a concepção incorreta de Roney fica evidente nesta passagem:

P: Que lâmpadas você utilizou no circuito real?

Roney: Lâmpadas de árvores de Natal.

P: E quantos terminais tem uma lâmpada de árvore de Natal?

Roney: Tem dois.

P: Pelo seu desenho, percebe-se que você ligou os dois fios que vêm da pilha num só terminal da lâmpada. É isso mesmo?

Roney: É que eu desenhei uma lâmpada comum de casa.

P: Que tipo de lâmpada?

Roney: Incandescente.

Como se vê por esse trecho e pelo restante da entrevista de Roney, Anexo H, 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.

Embora o aluno saiba que encostar dois fios da instalação elétrica em sua casa, provoca um “estouro” que chama de curto que na Física é o percurso da corrente por um fio de resistência nula colocando em risco uma instalação elétrica ao tornar-se a mais intensa possível, não transfere esse conhecimento para a sala de aula, se não provocado. Conforme podemos observar na sua representação liga dois fios num mesmo ponto. Ao ser estimulado a pensar isso, o aluno pode tomar consciência desse fato:

P: Agora, voltando ao seu desenho. Você liga os dois fios num só ponto e, deste, leva outros dois fios para a segunda lâmpada e para a terceira até chegar à chave. Agora, pense na seguinte situação: na sua casa, se você pegar dois fios e encostar um no outro, o que acontece?

Roney: Estoura. Dá curto.

P: (Pausa. O aluno percebe imediatamente e continua)

Roney: Entendi. Coloquei as três lâmpadas em curto.

P: E até a chave.

Roney: Verdade.

P: Todas as lâmpadas vão acender?

Roney: Não, nenhuma.

3.2.2 Aluno Gabriel

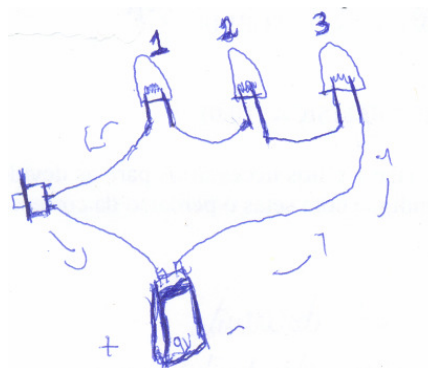


Figura 17: Desenho de um circuito elétrico em série do aluno Gabriel.

O aluno Gabriel não apresenta dificuldade de representação. O seu desenho está completamente correto no que se refere às ligações em série. O circuito está fechado, as setas indicam que o aluno não possui a concepção da formação da luz pelo choque das cargas elétricas positivas e negativas e inclui na sua representação como parte do circuito o filamento da lâmpada. Mesmo assim, o aluno possui uma deficiência conceitual que só foi evidenciada pela entrevista, Anexo I, conforme mostra o fragmento abaixo.

P: Gabriel, vamos conversar sobre o circuito elétrico desenhado por você.
Tudo bem?

Gabriel: Tudo.

P: O que você entende por circuito elétrico?

Gabriel: Circuito é um conjunto de componentes elétricos como gerador, condutor, receptor, chave e dispositivos de segurança que, juntos, têm a finalidade de fazer com que o receptor funcione, como, por exemplo, acendendo uma lâmpada.

P: OK. Diga uma condição para um circuito funcionar corretamente.

Gabriel: Ele deve estar fechado.

P: O que uma corrente elétrica significa para você?

Gabriel: É uma quantidade de energia elétrica disposta em um condutor metálico, ou seja, os elétrons livres com carga elétrica em movimento nos condutores.

P: E o que faz uma lâmpada acender?

Gabriel: A corrente elétrica passando pela lâmpada.

P: Mas, pelos fios não passa a corrente elétrica e eles não acendem. Por quê?

Gabriel: Acho que é... Porque a corrente tem mais facilidade de circular pelos fios.

P: Tudo bem, mas, o que o filamento tem de diferente dos fios?

Gabriel: Ele é bem mais fino do que um fio.

P: E isso significa o quê?

Gabriel: A corrente vai passar com maior dificuldade, eu acho.

P: O que acontece na pilha enquanto a lâmpada está acesa?

Gabriel: A energia química está sendo transformada em energia elétrica.

- P: Que tipo de associação você representou?
- Gabriel: Em série.
- P: O que você entende por isso?
- Gabriel: É quando um dos terminais de uma lâmpada está ligado ao terminal de uma outra lâmpada e, assim por diante, até fechar o circuito.
- P: E dessas três lâmpadas do seu circuito, qual terá maior brilho?
- Gabriel: A terceira.
- P: E, por quê?
- Gabriel: Porque a corrente está indo do negativo para o positivo, assim, a lâmpada três receberá a corrente primeiro e, a partir dela, irá se dividindo.
- P: Dividindo?
- Gabriel: É, dividindo a corrente.
- P: Como dividindo a corrente?
- Gabriel: A lâmpada três recebe maior corrente, a dois fica com menos e a lâmpada um com o restante, menos que a dois.
- P: Então, o que acontece se invertermos a lâmpada dois com a três?
- Gabriel: Aí, é a lâmpada dois que terá maior brilho.

O aluno Gabriel representa corretamente a associação em série, demonstrando o seu entendimento quanto às ligações, compreende a necessidade de o circuito estar fechado para o seu devido funcionamento, mas revela a persistência do modelo de atenuação da corrente elétrica ao longo do circuito, ao afirmar que *“a lâmpada três recebe maior corrente, a dois fica com menos e a lâmpada um com o restante, menos que a dois”*.

O modelo apresentado pelo aluno Gabriel, de que a corrente se desgasta ao passar por um componente do circuito elétrico, acarreta uma outra visão errônea, a de que a ordem dos elementos é relevante no circuito, visto a sua afirmação de que a lâmpada dois teria maior brilho se invertesse a sua posição com a lâmpada três.

3.2.3 Aluno Alexander.

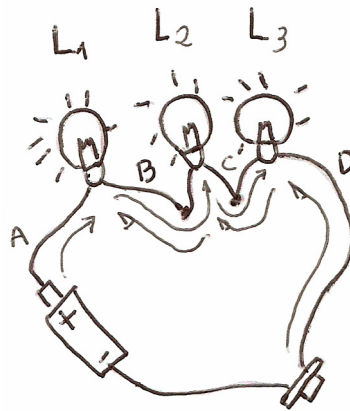


Figura 18: Desenho de um circuito elétrico em série do aluno Alexander.

O aluno Alexander representa corretamente a associação em série, o circuito não possui pontos abertos e todas as ligações estão corretas. O filamento da lâmpada está representado não deixando para a luz uma origem indefinida (PACCA ET AL, 2003).

Contudo o pesquisador, como professor, pelas suas observações em sala de aula, resolve fazer uma entrevista com o aluno para constatar possíveis concepções alternativas não alcançadas quando o discente não possui dificuldade de representação.

A seguir parte da entrevista, Anexo J, com o aluno Alexander.

P: Você pode me explicar o seu desenho?

Alexander: Eu desenhei três lâmpadas em série, temos uma bateria com duas cargas. A carga negativa vai para a chave e a carga positiva direto para as lâmpadas. Quando se liga a chave, as duas cargas se encontram e, assim, as lâmpadas se acendem, com o mesmo brilho, pois as lâmpadas estão em série.

P: E o que você entende por ligação em série?

Alexander: É quando as lâmpadas estão ligadas de modo que a corrente elétrica tenha um único caminho para percorrer.

- P: Explique-me como você fez essas ligações em série.
- Alexsander: Nesse desenho fiz assim: liguei o pólo positivo da pilha num dos terminais da lâmpada, o outro terminal desta mesma lâmpada...
- P: Um momento, Alexsander. Vou numerar as lâmpadas em L1, L2 e L3, e nos fios vou colocar as letras A, B, C e D. Entendeu?
- Alexsander: Entendi.
- P: Começa de novo, mas falando as numerações das lâmpadas e dos fios.
- Alexsander: Então, liguei o fio A do positivo da pilha até a L1, o outro terminal da L1 liguei na dois, depois liguei o outro terminal da L2 na lâmpada três, levei o fio até a chave e, depois, completei o circuito.
- P: Desligando uma das lâmpadas o que acontece com as demais?
- Alexsander: Também desligam, pois a corrente elétrica só tem um caminho para percorrer.
- P: Mas, Alexsander, se você disse que a luz é formada pelo encontro das cargas positivas e negativas, então nos fios B e C temos duas correntes?
- Alexsander: Não entendi.
- P: Coloque as setas das cargas positivas passando por todas as lâmpadas. E faça o mesmo para as cargas negativas.
- Alexsander: (tempo) Terminei.
- P: Explique-me o que você fez.
- Alexsander: Então, professor, coloquei as setas das cargas positivas até a lâmpada três e das cargas negativas até a L1 (pausa)...tem alguma coisa errada.
- P: O quê?
- Alexsander: Está ficando duas correntes no mesmo fio ao mesmo tempo.
- P: Você lembra dos sentidos da corrente?
- Alexsander: Acho que sim. Uma sai do positivo e outra do negativo.
- P: Exato, a corrente é a mesma é o sentido que você pode determinar. Ou você adota o sentido convencional ou o sentido real.
- Alexsander: Ah, professor, agora estou confundindo tudo. Não dá pra entender.

Pelo diálogo acima podemos ver que o procedimento de apenas empregar a semiótica baseada numa simbologia pictórica, para extrair, identificar e acompanhar os significados científicos atribuídos aos signos e termos ensinados, é limitado. A falta de indicação da corrente elétrica entre as lâmpadas, mostrada na Figura 18, poderia ser desconsiderada já que há uma continuidade aparente na corrente e todo o desenho está coerente. Contudo, se não fosse pelas entrevistas dos alunos Alexander e Gabriel, os problemas conceituais de a luz ser formada pelo encontro das cargas elétricas positivas e negativas e do desgaste da corrente pela lâmpada passariam despercebidos. Isto demonstra, então, que há um limite ao recurso do uso dos desenhos e que outros recursos semióticos são necessários não só para identificar problemas como também para ultrapassar obstáculos conceituais.

3.3 DESENHOS DA ATIVIDADE 3

Nesta atividade, os alunos deveriam aplicar os conceitos e regras de representações já vistos e trabalhados numa disposição não simétrica. O grau de complexidade forçaria o aluno a uma reflexão, que ele não faria numa outra disposição geométrica dos componentes de um circuito elétrico, que facilitasse as ligações em série e em paralelo, o que poderia estar sendo feito por algum aluno, de modo automatizado, sem a devida compreensão conceitual.

3.3.1 Aluna Grazielle

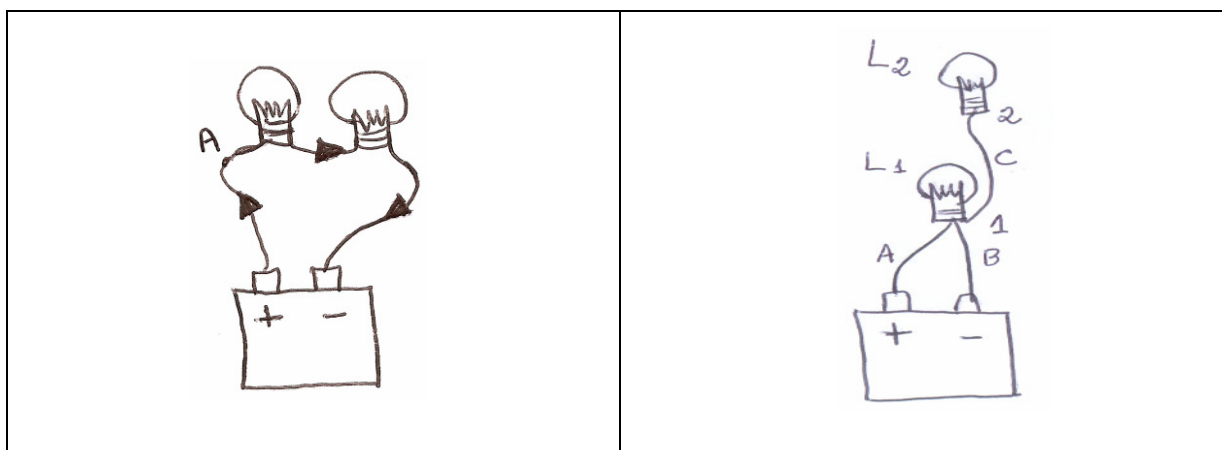


Figura 19: Associações em série da aluna Grazielle com simetrias diferentes.

A Figura 19 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 19, 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 19, 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 19, do lado direito, de que esteja realmente claro, na sua estrutura cognitiva, o que significa uma ligação em série.

Na entrevista, Anexo L, 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 19 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.

A dificuldade de representar corretamente, do ponto de vista científico, combinada a conceitos de um circuito elétrico faz a aluna não perceber os diversos erros cometidos na sua representação por desenho, como o curto estabelecido na bateria pelos fios A, B e C, no ponto 1 da Figura 19, do lado direito, implicando no conceito de diferença de potencial. As ligações, que deveriam estar em série, estão conectadas incorretamente e o circuito está aberto no ponto 2 da lâmpada dois, da mesma figura.

O desenho abaixo, Figura 20, representa a associação de duas lâmpadas em paralelo da aluna Grazielle, dispostas de maneiras diferentes em relação à simetria habitual. O termo em 'paralelo' refere-se às resistências interligadas por fios diretamente em um lado e interligadas por um fio diretamente do outro lado, e que uma diferença de potencial é aplicada entre o par de lados interligados.

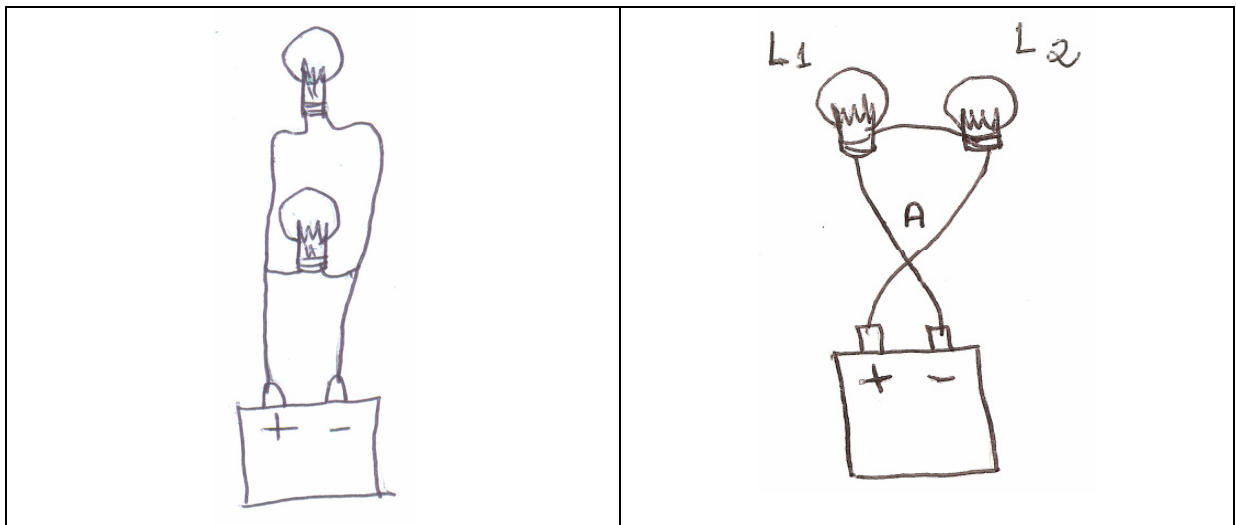


Figura 20: Associações em paralelo da aluna Grazielle com simetrias diferentes.

Na associação em paralelo, a aluna também não representa corretamente de acordo com as regras convencionais dos circuitos elétricos. Ela define ligação em paralelo como aquela associação em que “*cada lâmpada tem o seu circuito fechado*”, mas não consegue ligar as lâmpadas numa disposição diferente daquela memorizada. Ela completa as ligações das lâmpadas L1 e L2 em série, sem consciência disso.

P: Observe, vou colocar um ponto A, no seu desenho. Esses fios neste ponto A estão ligados?

Graziele: Não.

P: Então, explique-me como você fez essa ligação? (Estávamos nos referindo ao circuito do lado direito da Figura 20)

Graziele: Ah, fiz assim. Liguei o fio do positivo da bateria até a lâmpada dois, depois liguei com a lâmpada um, cruzei e liguei no negativo.

P: Que tipo de ligação você fez?

Graziele: Paralelo? Não é?

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. Os dados a seguir, do aluno Marcos, reforçam esse argumento.

3.3.2 Aluno Marcos

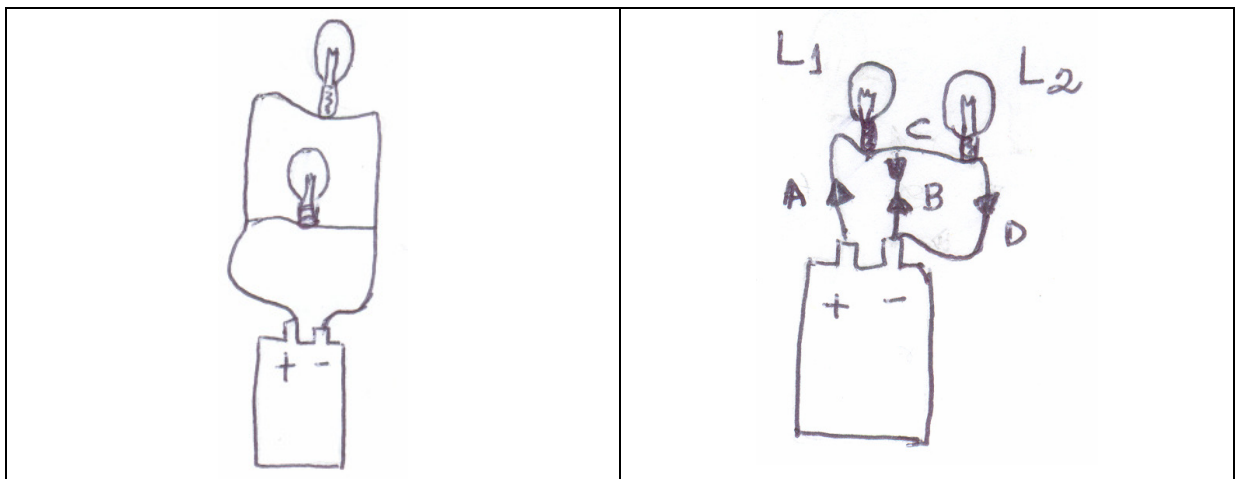


Figura 21: Associações em paralelo do aluno Marcos com simetrias diferentes.

O aluno Marcos, pela suas representações da Figura 21, demonstra que tem noção de circuito fechado, pois seus desenhos não apresentam nenhum ponto aberto. Porém não consegue representar a mesma ligação em paralelo da

Figura 21, do lado esquerdo, quando a simetria é desfeita para esse tipo de associação.

Como podemos observar pela sua representação do lado direito da Figura 21, Marcos tenta seguir a mesma disposição, quanto às ligações, numa posição diferente para as lâmpadas, o que dá certo para a lâmpada L1, que fica com cada um dos seus terminais ligados a pólos diferentes do gerador. Contudo a lâmpada L2 fica com os seus dois terminais ligados no mesmo pólo da bateria, o que levanta dúvidas sobre o seu entendimento de corrente elétrica, bipolaridade dos elementos e do conceito de diferença de potencial.

Ao ser solicitado para comparar as duas representações, ele não encontra nada de diferente entre os circuitos.

P: Marcos, observe os dois circuitos. Os mesmos representam as mesmas ligações?

Marcos: (tempo) Sim.

P: Você pode me explicar como fez as ligações?

Marcos: Neste daqui (aponta para a malha 1 do circuito do lado direito da Figura 21) liguei os fios do mesmo lado das lâmpadas até a bateria. E, neste (aponta para a malha 2 do circuito do lado direito da Figura 21), procurei seguir o que eu já tinha feito.

P: Esse modo de ligar pertence a que tipo de associação?

Marcos: Em paralelo.

P: Logo os dois representam o mesmo circuito elétrico?

Marcos: Sim.

P: Observe que eu vou enumerar os fios do circuito, fio A, B, C e D. E as lâmpadas como L1 e L2. OK?

Marcos: Tudo bem.

P: Você pode me explicar novamente as ligações desse segundo desenho? (aponto para a malha 2 do circuito do lado direito da Figura 21)

Marcos: Então, a corrente sai do positivo passa pela lâmpada (está mostrando a L1) e volta. Pra ir para a outra, também (fala da L2) tem que ir, passar e voltar.

P: Por quais fios você está falando na segunda lâmpada, a L2, do seu desenho?

Marcos: Pelo fio B, depois pelo fio C e retorna pelo D.

O aluno mostra o percurso da corrente, na primeira malha do circuito da Figura 21, do pólo positivo até o pólo negativo, passando pela lâmpada L1 que tem os seus terminais devidamente conectados a pólos diferentes da bateria. Contudo, ao repetir o mesmo raciocínio, de apenas tentar fechar o circuito para a lâmpada L2, porque a corrente *“tem que ir, passar e voltar”*, liga os seus terminais no mesmo pólo (negativo).

O fato de ter um circuito fechado é suficiente para explicar o funcionamento do mesmo. O aluno, ao centrar sua atenção nisso, não consegue perceber o seu erro de ter ligado a lâmpada L2 no mesmo potencial e não tem consciência das conseqüências desse procedimento. Logo o importante para ele é os fios estarem ligados e haver um circuito fechado, mesmo que num único ponto.

P: Marcos, nós trabalhamos nos circuitos com baterias comuns. Qual a diferença de potencial entre os pólos dessas baterias?

Marcos: A voltagem?

P: Isso. Qual a voltagem dessas baterias comuns? A ddp.

Marcos: 9 V.

P: Muito bem. Qual a diferença de potencial entre os fios A e B?

Marcos: 9 V.

P: E entre os fios B e C?

Marcos: 9 V.

P: Por favor, explique-me novamente as ligações?

Marcos: O fio A está ligado no pólo positivo, de onde sai a corrente, passa pela lâmpada um e retorna pelo fio B até o pólo negativo.

P: Certo. E a diferença de potencial entre os fios A e B é...

Marcos: 9 V.

P: E, agora, verifique as ligações dos fios na lâmpada dois.

Marcos: Então, professor, o fio B está ligado no pólo negativo, de onde sai a

corrente, passa pela lâmpada dois e retorna para o pólo negativo.

P: Sai do negativo...

Marcos: É, professor, não existem duas correntes?

P: Não estou entendendo. Você pode explicar?

Marcos: Não tem uma que sai do pólo positivo e vai até o negativo e outra que sai do negativo e vai até o pólo positivo?

P: Você está falando dos sentidos da corrente.

Marcos: É.

P: Tudo bem. Marcos, mas seguindo seu raciocínio, a corrente sai do negativo e está retornando para o mesmo pólo negativo?

Marcos: Eu não sei, tá errado, né? Agora que estou vendo que a lâmpada dois está ligada no mesmo pólo.

P: E qual a consequência disso?

Marcos: Acho que não vai acender.

P: A lâmpada tem quantos terminais?

Marcos: Dois.

P: E esses terminais têm que ser ligados como?

Marcos: Em pólos diferentes da bateria.

P: Tente explicar.

Marcos: A corrente tem que fazer um ciclo, saindo do positivo, passando pela lâmpada e chegando ao negativo. E, aqui, o fio B ficou com duas correntes, uma chegando e outra saindo ao mesmo tempo. Tá errado.

P: E por que você ligou dessa maneira a lâmpada dois?

Marcos: Não sei. Na hora parecia que estava certo.

P: Por quê?

Marcos: Eu fechei o circuito e a disposição das ligações é parecida nos dois circuitos.

O seu raciocínio é em termos de corrente, e sua preocupação foi de fechar o circuito. O fato de o fio B ficar com duas setas, uma descendo e outra subindo, deixa o aluno em dúvida quanto à certeza de suas ligações na lâmpada dois. O aluno conhece a bipolaridade da lâmpada, sabe que as ligações devem ser em pólos diferentes e, mesmo assim, liga a lâmpada dois no mesmo pólo.

O aluno esquece, ou não tem estruturado, claramente, o conceito de diferença de potencial. Segundo Cohen et al (1982), embora um tempo considerável seja gasto no ensino do conceito de diferença de potencial na escola, muitos alunos não vêem o seu papel central e consideram a corrente como conceito principal.

Na nossa escola, geralmente, o estudo desse conceito, juntamente com o de potencial elétrico, se faz em cinco ou seis aulas. Ao considerarmos que temos na nossa grade curricular, duas aulas semanais, levamos, portanto três semanas para ensinar esses conteúdos curriculares.

O aluno Marcos sabe que *“a corrente tem que fazer um ciclo, saindo do positivo, passando pela lâmpada e chegando ao negativo”*, contudo fecha o circuito da lâmpada dois, incorretamente, e não consegue explicar o porquê disso. Segundo Johsua (1984), um diagrama elétrico não é uma figura comum, mas o resultado de um processo de abstração cujos conceitos permanecem implícitos a maior parte do tempo. E, representações idênticas do ponto de vista físico, porém, numa diferente disposição dificulta a transposição de conceitos aparentemente aprendidos.

A preocupação do aluno Marcos em apenas fechar o circuito fica mais evidente nas associações em série da Figura 22:

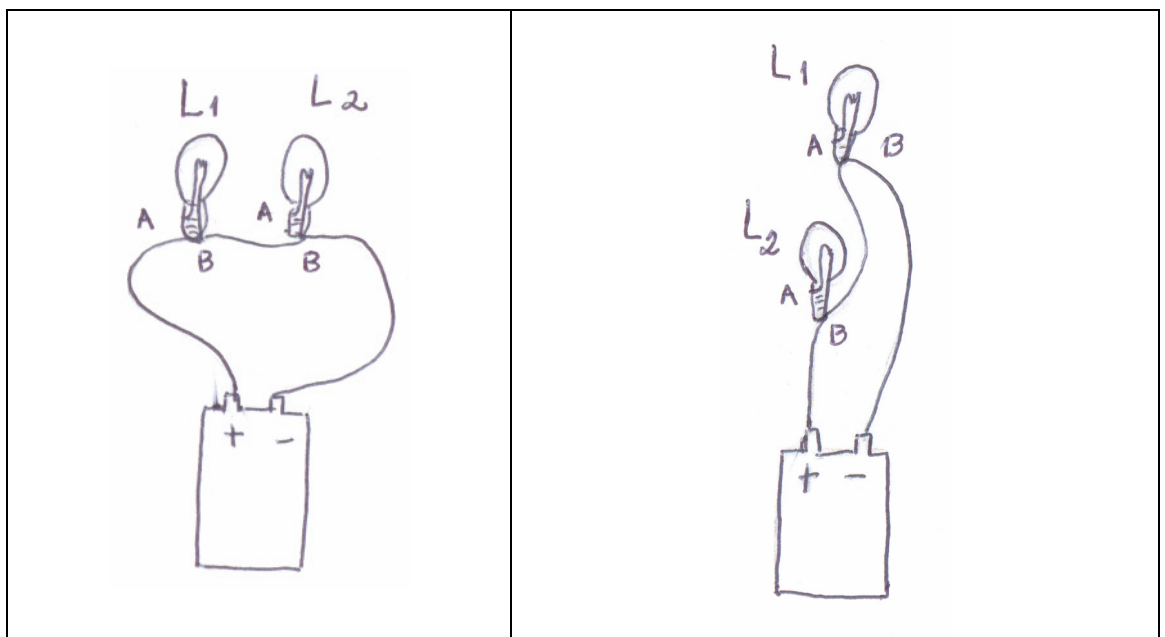


Figura 22: Associações em série do aluno Marcos com simetrias diferentes.

O professor havia ensinado aos alunos que a lâmpada comum possui dois terminais; sendo um deles ligado na rosca e o outro no fundo da mesma. Essa observação foi feita novamente após verificar a persistência da concepção do Roney de que a lâmpada caseira só precisa de uma conexão para funcionar. Porém, Marcos ao procurar fechar o circuito associando as lâmpadas em série, estabelece um curto-circuito na bateria. Podemos verificar que os fios estão ligados apenas nos terminais B de todas as lâmpadas, tanto do circuito do lado esquerdo como do direito da Figura 22. O filamento ao ser desconsiderado como parte integrante do circuito fechado é resultado da falta de clareza do que seja associação em série.

A dificuldade aqui percebida é a de relacionar o conceito com o seu simbolismo representacional, usado na elaboração do desenho de um circuito elétrico, desrespeitando as convenções próprias da área; como ligar os terminais de uma lâmpada cada um em pólos diferentes de uma pilha ou bateria, deixar o seu filamento em aberto ou ligando diretamente dois pólos de um gerador.

A atividade cognitiva exigida em circuitos elétricos faz com que o tratamento conceitual seja coordenado simultaneamente ao representacional. Ao construir um diagrama elétrico, o aluno tem que recorrer aos conceitos apreendidos e não ficar preocupado, como o aluno Marcos, apenas em fechar o circuito. Desse modo, como as suas representações por desenhos mostram a ligação da lâmpada L2, no circuito do lado direito da Figura 21 e das suas associações em série da Figura 22 são incompatíveis com os conceitos físicos.

3.4 DESENHOS DA ATIVIDADE 4

No momento dessa atividade, os alunos estudavam a associação mista de resistores. O objetivo pedagógico foi levar o aluno a perceber que uma modificação feita em qualquer parte do circuito resulta em uma alteração em outros pontos. Devido à complexidade do circuito, optamos pela representação a partir do circuito real logo após as explicações do professor.

3.4.1 Aluno Ricardo

O aluno Ricardo fez a seguinte representação do circuito apresentado:

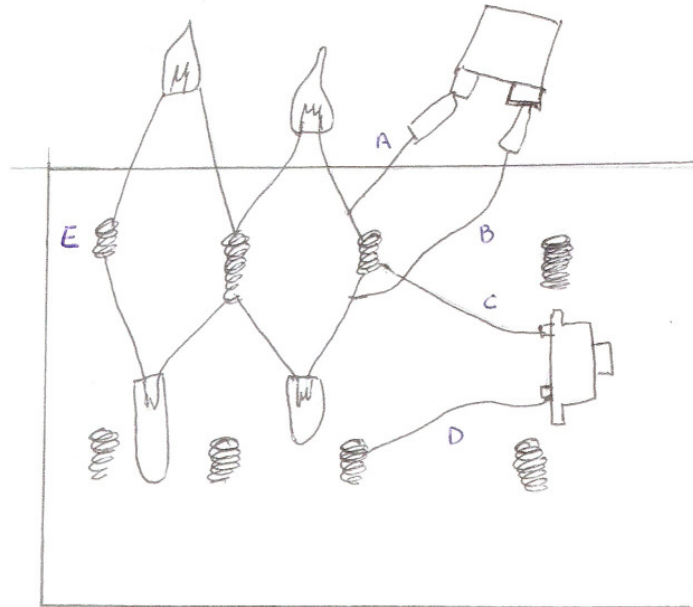


Figura 23: Representação por desenho do aluno Ricardo.

O retângulo da Figura 23 é a representação da caixa acrílica de CD, onde o circuito estava montado, o qual foi desenhado pelo aluno Ricardo. Observando a sua representação, identificamos o curto dos fios A e B da bateria, e a chave está fora do circuito por estar aberta a ligação do fio D.

Ricardo, ao ser indagado, afirma que o circuito assim representado irá funcionar, tendo em vista que o mesmo tinha manuseado o circuito real e verificado que, ao ligar, acenderam-se todas as lâmpadas. O aluno tem a noção de circuito fechado e percebe o seu erro, quando afirma que “*no ponto D, está faltando mais um fio, o fio B deveria estar ligado no ponto D, para fechar o circuito*”, sem necessidade de uma insistência maior por parte do professor. O trecho da entrevista, Anexo N, evidencia essa passagem.

E: Ricardo, todos os alunos estão acompanhando no quadro a sua representação e você segue na sua folha. Você acha que este circuito representado dessa maneira vai funcionar?

Ricardo: Ele ligou, ué!

E: Ligou?

Ricardo: Acendeu todas as luzes.

E: Acendeu todas as luzes na hora que você ligou?

Ricardo: Sim.

E: Observe o seu desenho.

Ricardo: No ponto D, está faltando mais um fio, o fio B deveria estar ligado no ponto D, para fechar o circuito.

E: Desse modo o que está acontecendo com o circuito?

Ricardo: Ele está aberto.

E: Este é o primeiro engano, mas continue a observação do circuito.

Ricardo: A chave A e B está ligada.

E: A chave A e B?

Ricardo: Não, os fios A e B estão ligados na bateria, como a chave está ligada, ele vai acender mesmo estando no D. O D é negativo, o D não precisa passar corrente, ele é um tipo isolante, ele só não descarrega. Não é?

E: Explique melhor?

Ricardo: Que nem aqui (apontando para o fio A). O fio positivo está ligado no resto e o negativo está ligado na parte de metal, então, você liga o negativo com negativo e o positivo com o positivo para poder acender. Se não vai passar corrente.

E: Você falou que está ligado na parte de metal?

Ricardo: Na molinha, ali...

E: Entendi. [Neste momento, o professor solicita a ajuda dos colegas]

E: Bem, o Ricardo não está conseguindo verificar um erro no circuito. Alguém poderia ajudá-lo?

James: Os fios A e B estão em curto-circuito, esta chave está desligada, fora do circuito. (James tenta acertar o circuito, ligando o fio B no D juntamente com um dos terminais da lâmpada quatro).

E: Realmente, James, você tirou o curto dos fios A e B, agora, o circuito irá funcionar, mas não de maneira correta com o circuito dado.

James: (Observa o circuito) Posso olhar o meu desenho?

E: Sim. (Entrego a James a sua representação)

James: (Observa o seu desenho) Já sei. O fio A deve ser ligado no ponto E e o fio

B continua no ponto D. Só que agora tem que completar aqui. (Religa o circuito)

E: Isso, obrigado.

E: Você percebeu Ricardo? Sua chave não estava ligada ao circuito e na representação dos fios A e B, está em curto circuito.

Ricardo: Sim.

E: Obrigado aos dois.

Por essa entrevista, Ricardo mostra uma inconsistência no seu raciocínio. Ao mesmo tempo em que afirma a necessidade de ligar o fio B no ponto D para fechar o circuito, ao tentar explicar as ligações dos fios A e B na bateria, afirma *“que D é negativo, o D não precisa passar corrente, ele é um tipo isolante, ele só não descarrega”*. O circuito está fechado para estabelecer o percurso da corrente e, pela visão do aluno, pelo pólo negativo não passa corrente.

Outra dificuldade que não é percebida pelo aluno refere-se ao acerto das ligações dos fios. Ligar o fio B no ponto D ainda não é suficiente, pois a bateria continua com os seus pólos em curto, agora, por meio da chave. O professor solicita ajuda aos colegas e James faz sua primeira tentativa ao ligar o fio B juntamente com um dos pólos da lâmpada quatro, no ponto D. O circuito fica com a seguinte representação:

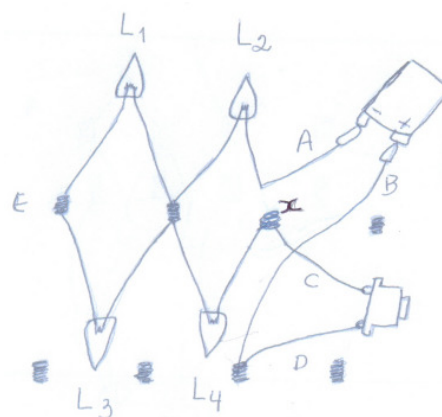


Figura 24: Circuito redesenhado pelo aluno James na sua primeira tentativa.

Ao verificar a Figura 24, observa-se que as lâmpadas dois e quatro ficaram associadas em série e as lâmpadas um e três estão fora do circuito. O

professor alerta James que o circuito vai funcionar, mas não da maneira correta com o circuito dado. Após nova tentativa, o aluno liga o fio B no ponto E o fio A no ponto D e as lâmpadas L2 e L4 em x.

Esse exemplo mostra que a linguagem pictórica é uma estratégia válida para dialogar com o aluno numa linguagem mais próxima sobre suas dificuldades, as quais não são decorrentes da linguagem formal ainda não dominada.

3.4.2 Aluno Daniel

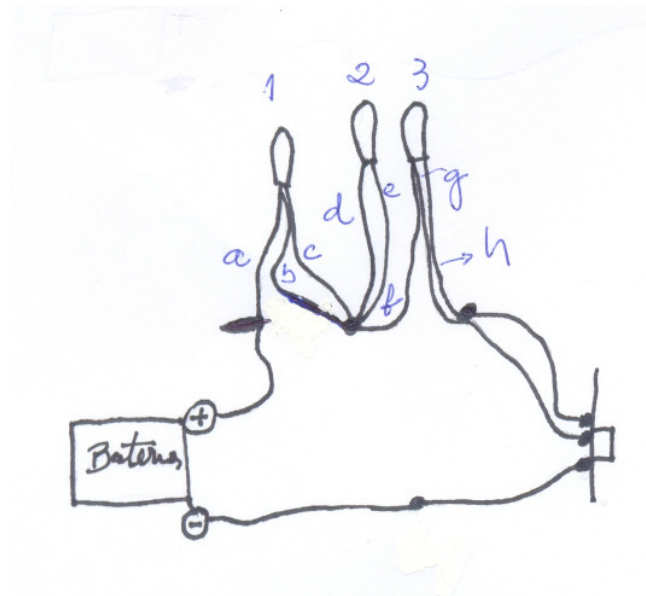


Figura 25: Representação por desenho do aluno Daniel.

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, Anexo O, 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 enfocado.

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 apresenta 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. Essa é uma concepção alternativa, apontada por Cohen et al (1982), segundo a qual a pilha passa a ser uma fonte de corrente constante, não importando a modificação que se faça no circuito externo.

3.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Como vimos, os desenhos são uma estratégia apropriada para verificar o nível de compreensão de determinados conceitos, como a noção de

circuito fechado, curto-circuito, bipolaridade de determinados componentes de um circuito elétrico e dificuldades com relação às associações em série e paralelo. Porém é necessário um complemento dado por outras semióticas, quando o professor tiver necessidade de verificar outros conceitos não alcançados por esta estratégia. Igualmente, como no caso de Alexander e Gabriel, é possível observar a limitação do uso dos desenhos, na medida em que conceitos inapropriados não puderam ser explicitados e identificados apenas por essa linguagem pictórica.

Apresentamos um quadro síntese das dificuldades conceituais dos alunos, detectadas por erros de representação via desenhos:

QUADRO 2: síntese das dificuldades encontradas.

DIFICULDADES DE REPRESENTAÇÃO	DIFICULDADES CONCEITUAIS	ALUNOS
Curto-Circuito	<ul style="list-style-type: none"> - concepção de que a corrente é formada pela junção das cargas elétricas positivas e negativas. - ao não compreender o funcionamento da chave, estabelece o curto entre os terminais da bateria. - não entendimento da ligação em série. - dificuldade de efetuar ligação em série em uma disposição que facilite esse tipo de associação. - falta de atenção. 	<p>Camila, na atividade 1.</p> <p>Flaviane, na atividade 1.</p> <p>Roney, na atividade 2.</p> <p>Graziele e Marcos, na atividade 3.</p> <p>Ricardo na atividade 4. Marcos na atividade 3.</p>
Circuitos abertos	- dificuldade em efetuar a	Graziele, na atividade 3.

	ligação em série em outra disposição geométrica. - falta de atenção.	Ricardo, na atividade 4.
Associação em série	- não entendimento desse tipo de ligação. - efetuar esse tipo de ligação em outras simetrias	Roney, na atividade 2. Grazielle, na atividade 3.
Associação em paralelo	- efetuar as ligações quando a simetria não facilita esse tipo de ligação.	Marcos e Grazielle, na atividade 3.

Além dessas dificuldades conceituais que levaram os alunos a cometerem erros de representação, outras concepções alternativas surgiram no decorrer das entrevistas. Mencionamos que os alunos consideram a pilha como fonte de corrente (Camila), que apresenta propriedades de um fluido material (Marcos), que se atenua à medida que passa pelos componentes, de tal maneira, que a ordem desses elementos é relevante no circuito (Gabriel) e que a luz é proveniente do encontro das cargas positivas e negativas (Alexsander).

As formas de raciocínio já detectadas nessa área se fazem presentes: a falta de raciocínio holístico (Marcos), quando centra sua atenção em apenas fechar o circuito; o não relacionamento entre os conceitos (Grazielle, Marcos, Flaviane) e o raciocínio seqüencial linear (Camila).

Essas dificuldades conceituais e de representação podem ser um indicativo da importância de se trabalhar, primeiramente, um raciocínio qualitativo coordenando os conceitos dos circuitos elétricos com as suas regras próprias de representação. Destacamos, ainda, a necessidade de detectar e explicitar, ao longo do aprendizado, as dificuldades dos alunos em relação aos conceitos científicos em circuitos elétricos, que pode ser feita pela linguagem dos desenhos.

3.6 REFLEXÕES FINAIS

A proposta do trabalho foi desenvolver uma atividade instrucional que pudesse detectar as dificuldades conceituais aliadas à sua representação para que o professor possa ter um instrumento de acompanhamento da construção dos modelos científicos por parte dos alunos.

As concepções alternativas e as dificuldades conceituais em circuitos elétricos já foram descritas no Quadro 1, no item 1.8. Conforme mostram as pesquisas mencionadas anteriormente mesmo após alguns anos de estudos, essas dificuldades ainda persistem. Como professores, gostaríamos de ter o conhecimento das causas que impedem uma aprendizagem eficaz, duradoura e consistente nesta área para que, ao atuar sobre elas, possamos junto com os alunos construir o conhecimento científico.

Um dos desafios enfrentados no ensino de Física, pelo menos no nível secundário, sempre foi o de conseguir a pré-disposição dos alunos nesta área do conhecimento. Esse requisito não é indispensável apenas na teoria da aprendizagem significativa, mas em todos os empreendimentos que uma pessoa deve realizar. O uso de experimentos e os recursos de multimídia com os seus *softwares* educacionais são algumas estratégias para conseguir a atenção dos alunos.

Contudo, mesmo vencido esse primeiro obstáculo, percebemos que alguns discentes continuam apresentando dificuldades de aprendizagem. No aprendizado de novos conceitos, novas formas de ver o mundo e de se expressar, há um tempo próprio para cada pessoa, o qual, dificilmente pode ser concedido na sua plenitude a todos os alunos. O tempo didático pode ser diferente do tempo de aprendizagem.

Bachelard (1999) afirma que “o pensamento empírico torna-se claro depois, quando o conjunto de argumentos fica estabelecido [...] o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos”. É uma ruptura que deve ser realizada num número reduzido de

aulas semanais de Física, geralmente duas nas escolas públicas do Paraná. Isso faz com que o professor se posicione entre dar o máximo de conteúdos ou desenvolver menos com mais profundidade.

Qualquer decisão acarreta benefícios e prejuízos. Ao optar pela primeira, dar o máximo de conteúdo que for possível, o aluno terá uma visão geral da matéria. Pensamos que o benefício, neste caso, seja que o aluno possa ter formado alguma idéia dos conceitos que poderão lhe dar um suporte quando retornar a estudá-los.

Entretanto, os efeitos negativos podem ser consideráveis. Ao ter uma visão superficial, os conceitos científicos são facilmente esquecidos e corre-se o risco de o resultado da aprendizagem final seja apenas as concepções alternativas levemente modificadas e fortalecidas, por ser impossível destruir todos os conhecimentos mal estabelecidos num curto espaço de tempo.

A segunda opção, desenvolver menos conteúdos com mais profundidade, certamente o grande benefício é a aplicação de um mesmo conceito em situações diversas, o que possibilita a consolidação do conhecimento que está sendo aprendido e a sua reestruturação, se for necessário. Para alguns alunos, o prejuízo será o impedimento de ter acesso a conhecimentos necessários não apenas a concursos futuros, mas também como cidadãos.

No tocante às noções abstratas alguns alunos possuem a tendência de substancializá-las ao considerar a eletricidade como algo que parte de uma fonte e “atravessa” os diferentes elementos de um circuito elétrico. Isso os leva ao uso de raciocínios “lineares causais, em seqüência temporal e com uma direção privilegiada para interpretar ou prever mudanças” (SANTOS, 1991).

Uma das causas mais importantes que dificulta a aprendizagem por parte dos alunos é a linguagem empregada nos diferentes contextos. Segundo Santos (1991), a construção de concepções alternativas é influenciada pelo desenvolvimento de significados para palavras que foram transpostas do conhecimento comum para o científico com ruptura de sentido. Uma mesma palavra

traduz uma concepção alternativa e um conceito científico, por exemplo, na Física, *força, energia, calor, peso, trabalho...* têm sentidos muito diferentes na linguagem cotidiana e na linguagem da ciência.

No cotidiano, ao perguntar a uma pessoa o seu peso, ela vai se expressar em termos de massa enquanto o significado físico de peso é força. Essas diferenças de significação são percebidas por um professor de Física ao escrever no quadro-negro a palavra “Trabalho”, os alunos do primeiro ano do Ensino Médio que ainda não tenham estudado esse conteúdo, entendem “trabalho” como uma tarefa a ser realizada por eles.

Os significados atribuídos às mesmas palavras nos dois domínios devem merecer a atenção dos professores no sentido de fazer essa transposição e dar sustentação ao discurso científico em sala de aula para que os alunos possam aprendê-lo.

Segundo Jacob Bronovsky (apud ALMEIDA, 1998), “a linguagem não é só uma maneira de dizer algo a alguém, de passar uma instrução, mas também de nos equipar com frases cognitivas no interior de nossas cabeças” (p.53). É a organização cognitiva, o domínio claro de um conceito, que vai permitir a leitura correta de um texto científico ou de um diagrama elétrico. Assim, como pudemos verificar na análise deste trabalho, os alunos, ao não perceberem os seus erros de representação num desenho, feito por eles mesmos, demonstram que os conceitos físicos ainda não estão estruturados de maneira adequada.

Embora os professores desempenhem um papel importante e muitas vezes decisivo na aprendizagem, alguns, por meio das suas próprias concepções alternativas, tendem a reforçar as dos alunos. Contribuem, assim, para a sua estabilidade em vez de provocarem rupturas, como afirma Gago (apud SANTOS, 1991, p. 154): “a própria educação científica corrente difunde, ela mesma, muitas das representações que julga combater ou substituir”.

Outra causa que pode prejudicar a aprendizagem é o tempo que o aluno necessita para a reflexão diante de uma questão. De um lado tem-se um aluno

impulsivo que responde sem muito refletir, do outro, deve haver um professor que gere reflexão no discente, sem lhe dar a resposta pronta. É nesta perspectiva que procuramos conduzir a atividade de número quatro deste trabalho, porém o material muito padronizado pode ter limitado a ação do aluno e a aplicação do conhecimento próprio. Deste modo informações para a pesquisa podem ter passado despercebidas. São limites e riscos da pesquisa qualitativa que se caracteriza pela coleta direta de dados no ambiente natural, neste caso a própria sala de aula do professor-pesquisador.

4. CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa foi verificar o alcance da linguagem pictórica, como um instrumento para detectar e explicitar as dificuldades de compreensão dos alunos, durante o processo de ensino de circuitos elétricos.

Para alcançar os objetivos propostos, a pesquisa precisou percorrer várias etapas de ensino já descritas na metodologia. No fim desta discussão, procuramos responder a nossa questão da pesquisa e apresentamos algumas sugestões para o emprego dessa estratégia nos processos de ensino.

Uma importante observação a ressaltar é que o estudo de circuitos elétricos por desenhos, diferentemente da maneira tradicional e habitual, que se ensina na escola, obtém-se um envolvimento maior do aluno com as tarefas a serem realizadas, uma das condições para uma aprendizagem significativa. Evidentemente, uma parte desse envolvimento se deve atribuir também à manipulação de circuitos reais apresentados. Todavia, certamente, o emprego de desenhos ajuda a aproximar o aluno de uma linguagem mais próxima de si, por meio da estimulação de subsunçores, que auxiliam na mobilização do aluno, na medida em que significado e interesse se associam.

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. Constatou-se que os erros cometidos não são decorrentes da linguagem abstrata ainda não dominada, mas devidos às concepções errôneas ou incompletas dos alunos.

Verificamos que dificuldades quanto às representações simbólicas apontam problemas conceituais graves. Os erros de esquematização gráfica foram motivados pelo não domínio dos conceitos científicos. A justificativa apresentada por um aluno de que os seus erros de representação são devidos à falta de atenção,

não se justifica, tendo em vista que ele afirma que procurou “fazer” e não copiar o circuito.

Em relação às dificuldades conceituais, o trabalho demonstra que o uso de desenhos é um instrumento auxiliar para explicitar e acusar as dificuldades dos alunos. Além disso, o professor pode atuar prontamente no sentido de ajudar a superar esses obstáculos, numa linguagem mais próxima dos aprendizes, em vez de os conceitos serem tratados junto com uma codificação mais abstrata, exigindo um esforço cognitivo maior que, em um primeiro momento, seria bom evitar.

Ao analisarmos as atividades, percebemos algumas concepções alternativas citadas na literatura científica, tais como: a corrente é formada pela junção das cargas elétricas positivas e negativas, o circuito elétrico é visto como um sistema de tubos nos quais escoam um fluido - ao qual se referem como energia- e que a ordem dos elementos no circuito e o sentido da corrente elétrica são relevantes.

A representação, por desenhos, serviu para que as atividades revelassem, por exemplo, que determinados alunos não conseguem relacionar os conceitos de corrente elétrica e resistência. Outro ponto apontado refere-se à falta de consistência do raciocínio utilizado. Essas dificuldades mostram a importância de se trabalhar em primeiro lugar um raciocínio qualitativo, pois, geralmente, o fato de alunos demonstrarem habilidade em cálculos de associações complexas e resolverem um grande número de exercícios não significa que entenderam os conceitos que estão por detrás dos cálculos e regras. Estes no fundo são operados de forma mecânica, sem maior significado.

No decorrer das atividades de ensino solicitadas, os alunos foram trabalhando de forma progressiva as representações e concomitantemente os conceitos. A grosso modo, manusearam um circuito elétrico real, seguido de uma representação simbólica próxima do seu cotidiano e, por fim, utilizaram exclusivamente símbolos, convencionalmente elaborados. Cabe ressaltar que o ensino de ciências, que pula os dois primeiros passos, indo diretamente para o terceiro estado, faz com que símbolos e conceitos sejam apresentados desligados

da experiência imediata dos estudantes. Isso resulta em alunos muitas vezes perplexos diante de símbolos e algoritmos que não fazem o menor sentido, por isso recorrem à memorização direta, involuntária e não significativa, o que deixa marcas invisíveis de uma aprendizagem deficiente.

No decorrer desse processo, observamos que os desenhos oportunizam uma dialética entre o professor e o aluno, que pode ir sanando as dificuldades encontradas, não as postergando para serem constatadas numa avaliação final. Como diz Duit (1997), conceitos como corrente, energia e diferença de potencial devem ser clara e prematuramente diferenciados, desde o princípio. Pois isso diminui a probabilidade de que a percepção desse assunto seja, numa ótica ausebeliana, uma mera subsunção derivativa, ou seja, os significados científicos foram percebidos como uma simples extensão dos significados alternativos já existentes, de modo que, no final do processo de ensino, o resíduo é o próprio subsunçor, levemente modificado (Silveira et al, 1989).

Outra vantagem que acreditamos existir com essa proposta é que as atividades desenvolvidas junto aos alunos não interferem no andamento normal de um curso. Elas podem ser parte integrante das aulas, como um instrumento de diálogo e apoio, tanto para os professores como para os alunos. As atividades de ensino que desenvolvemos não têm uma característica especial que as liga ao procedimento adotado por esta pesquisa.

Apesar de o desenho ser uma linguagem representativa conveniente, num primeiro momento instrucional, devido a sua qualidade mais imediata e simples, embora fizesse com que os alunos se concentrassem nos aspectos fundamentais, por si só, não foi suficiente para o pesquisador entender o modelo conceitual que estava implícito nas representações pictóricas dos alunos.

Alexander e Gabriel são provas da necessidade de se usar outras semióticas e estratégias de ensino para identificar os problemas de construção conceitual dos alunos. Senão, vejamos: as representações dos dois alunos estão corretas, mas, se não fosse pela entrevista, problemas conceituais como o de que cada corrente sai por um terminal da pilha e se encontra na lâmpada (Alexander) e

de que há um desgaste da corrente ao longo do circuito (Gabriel) passariam despercebidos. Não basta justapor os sinais gráficos corretamente como fizeram os alunos. A codificação na linguagem científica tem como finalidade atingir um significado, cuja leitura, sendo uma linguagem ou a expressão de um pensamento, exige a ativação de capacidades conceituais que, conforme demonstra a entrevista, não foi alcançado pelos alunos já citados.

O desenho pode, como nos dois casos citados, continuar a carregar o sentido atribuído pelos discentes. Vygotsky (2005) distingue no signo o sentido e o significado. O sentido é a soma de todos os eventos psicológicos que um signo desperta em nossa consciência, que pode ser variável de acordo com as experiências sociais e afetivas em cada indivíduo.

O significado é a base estável e precisa do signo. A aprendizagem significativa, por definição, envolve aquisição de significados, que é uma construção social de origem convencional necessária para uma verdadeira comunicação. Aprender Física de maneira significativa requer internalizar os significados numa representação convencional, com o desejado grau de precisão, aceitos pela comunidade científica para que o signo exprima para qualquer pessoa o real conceito adotado para aquele símbolo.

Quando ministramos aula de maneira tradicional, o fazemos por meio de concepções e modelos que temos em mente, fruto de um processo de construção e reconstrução ao longo de anos de muito estudo. Cada aluno do Ensino Médio também tem seus modelos construídos ao longo da sua vivência e, geralmente, são diferentes da visão científica. Por meio do nosso discurso, o aluno poderá formar, ou não, concepções cientificamente aceitas. O presente trabalho mostra que os desenhos permitem verificar e detectar algumas dificuldades conceituais durante a construção da simbologia e dos conhecimentos científicos.

Este trabalho pode ser entendido como uma contribuição às pesquisas em circuitos elétricos. Os resultados encontrados justificam uma continuação, com algumas modificações nas etapas de levantamento de dados de futuras pesquisas, que sugerimos a seguir:

1^a) - Desenho de um circuito elétrico composto de uma pilha, uma lâmpada e uma chave, mostrando as ligações que possibilitem o funcionamento correto de uma lâmpada. A finalidade é obter dados realísticos da situação inicial dos alunos.

2^a) - O pesquisador precisa dispor de fios, lâmpadas, pilhas e chaves interruptoras a fim de verificar se os circuitos construídos, da maneira como foram apresentados nos desenhos da primeira etapa, de fato fazem a lâmpada acender.

3^a) - O pesquisador deve solicitar um novo desenho mostrando todas as ligações do circuito elétrico simples que, de fato, fazem a lâmpada acender. Certamente, nesse momento, não haveria ainda a disposição simétrica e normatizada que as representações científicas possuem.

4^a) - Entregar, neste momento a placa de CD, como a que foi utilizada nesta pesquisa (Figura 11), para os alunos montarem o circuito elétrico. Ao reconstruir o circuito nessa placa, o aluno começaria a ter uma visão mais organizada das ligações entre os componentes.

5^a) - Solicitar aos alunos um novo desenho. Nesse momento, a partir do circuito elétrico construído na placa de CD, o mesmo, estaria melhor organizado espacialmente e poderia constituir uma “ponte” para o esquema oficial utilizado na Física.

Essas mudanças para futuras pesquisas se fazem necessárias, pois no presente trabalho, partiu-se de um circuito já esquematizado com as posições das ligações pré-determinadas, influenciando na representação dos alunos. Por exemplo, a aluna Flaviane representou inclusive a mola conectora das ligações existentes na placa de CD utilizada para as ligações dos componentes (Figura 15), o que, certamente, não faria se o desenho tivesse sido solicitado antes da manipulação concreta desse circuito elétrico.

Entendemos que este trabalho abre novas possibilidades de pesquisas uma vez que já conhecemos seus limites e alcances. Uma sugestão de

continuidade seria a utilização da linguagem pictórica nos conceitos físicos em circuitos elétricos verificando os possíveis ganhos na aprendizagem, comparando-os aos alunos inseridos apenas no sistema tradicional de ensino. Essa mesma linguagem pode ser aplicada inclusive a outros conteúdos de Física, como, por exemplo, a óptica. Imaginamos que ela possa até mesmo ser estendida à Matemática, no conteúdo de desenho geométrico, em que são utilizados vários símbolos e representações convencionais.

Para o pesquisador-professor, a proposta da linguagem pictórica é mais um caminho para acompanhar o processo de formação de conceitos e sua simbolização. Certamente, como profissionais, após estudos e pesquisas, mudamos o nosso olhar, nossas estratégias com perspectivas de uma atuação mais reflexiva em sala de aula. Os grandes beneficiados? Os futuros alunos.

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

Do nosso ponto de vista, trabalhar com símbolos oficiais é o final de uma etapa de instrução e não o começo.

REFERÊNCIAS

ANGELO, CLAUDIO. **México já possuía escrita há 3.000 anos**. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u15191.shtml> > Acesso em: 04.out.2006

ALMEIDA, MARIA JOSÉ P.M. de. **Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis**. Mercado de Letras. Campinas, SP, 2004.

ALMEIDA, Maria José P. M. O texto escrito na educação em física: enfoque na divulgação científica. In: ALMEIDA, Maria José P.M. e SILVA, Henrique C. (Orgs.) **Linguagens, leituras e ensino da ciência**. Campinas, SP: Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil, p. 53-68, 1998.

AUSUBEL, D.P. et al. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana . RJ. 1980.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: construção para uma psicanálise do conhecimento**, trad. Estela dos Santos Abreu. Contraponto. Rio de Janeiro, 1999. (2ª reimpressão)

BARROS, J.F. **Construção de um sistema de avaliação contínua em um curso de eletrodinâmica de nível médio**. 1999. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BROWN, H. J. **Perception, theory and commitment : the new philosophy of science**. Precedent, Chicago, 1977.

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

COHEN, R.; EYLON, B.; GANIEL, U. Potencial difference and current in simple electric circuits: a study of students' concepts. **American Journal of Physics**. V.51, n.5, p. 407-412, may 1983.

COLIN, P. & VIENNOT, L. Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views. **International Journal of Science Education**, 24, 3, p. 313-332, 2002.

DORNELES, P.F.T, VEIT, E.A., MOREIRA, M.A., Ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional modellus. **ATAS DO V ENPEC - Nº 5**. 2005 – 1 CD-ROM.

DRIVER, Rosalind et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**. nº 9, maio 1999

DUIT, R. Conceptual Change: a powerful framework for improving science teaching and learning. **International Journal of Science Education**, v. 25, n.6, p. 671-688, 2003.

DUIT, R. & von RHÖNECK, C. **Learning and understanding key concepts of electricity**. Disponível <<http://www.physics.ohiostate.edu/~jossem/ICPE/c2html.1997>>. Acesso em 15 mai.2006.

DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano**: registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Universidad del Valle - Instituto de Educación y Pedagogía - Santiago de Cali, Colombia: Meter Lang, 2004.

ENGELHARDT, P.V. & BEICHNER, R.J. Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. **American Journal of Physics**. Vol 72, nº1 January, 2004

FERREIRA, A.B.H. **Novo Aurélio Século XXI**: o dicionário da língua portuguesa. 3 ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FREDETTE, N.; LOCHHEAD, J. Student conceptions of simple circuits. **The Physics Teacher**. p. 194 -198, march, 1980.

FUKUI, A. & PACCA, J.L.A., **Os problemas de método de pesquisa em psicologia apontados por Vygotsky e os testes sobre conceitos relacionados a circuitos elétricos**. 2002. Disponível em: www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/pdfs/co12_2.pdf. Acesso em: 22.mai.2006

GARCIA, R. El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias. **Consejo Nacional Técnico de la Educación**, 42, México: 1982.

GOUVEIA, A.A.; LABURÚ, C.E. A aprendizagem da representação dos circuitos elétricos mediada por símbolos-ponte. **ATAS DO V ENPEC** - Nº 5. 2005 – 1CD-ROM.

GRAF. **Física 1**: mecânica. 5.ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

GRAF. **Física 3**: eletromagnetismo. 5.ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

JOSHUA, S. Students' interpretation of simple electrical diagrams. **European Journal of Science Education**, vol. 6, nº 3, p. 271 – 275, 1984.

LEMKE, J.L. **Teaching All the Languages of Science**: Words, Symbols, Images, and Actions. Disponível em: <http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/barcelon.htm>. Acesso 05.jun.2006

LEONTIEV, A. O homem e a cultura in ENGELS, GEERTZ, BAUMAN, LEONTIEV & MARCARIAN. **O homem e a cultura**. Iniciativas Editoriais: Lisboa, 1976.

LOPES, J.B. **Aprender e ensinar Física**. Fundação Calouste Gulbenkian. Portugal. 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.** 2001. Disponível em : <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/v1n1a9.pdf>. Acesso em: 05.jun.2007

MOREIRA, M. A., MASINI E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A. **Linguagem e aprendizagem significativa.** Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>. Acesso em 24. mar. 2006.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky, aprendizado e desenvolvimento: Um processo sócio-histórico.** Série Pensamento e Ação no Magistério. São Paulo: Scipione SP, 1993.

OSBORNE, R. J. & WITTRICK, M.C. Learning science: a generative process. **Science Education**, v.67, n.4, p. 489-508, 1983.

OTERO, M.R. ET AL. **El uso de imágenes en textos de física para la enseñanza secundaria y universitaria.** 2002. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n2/v7_n2_a2.html. Acesso em: 04. jun.2007.

OTERO, M.R.; GRECA, I.M. Las imágenes en los textos de Física: entre el optimismo y la prudência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, V.21, n.1, p.35-64, abr.2004.

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

PEIRCE, C.S. **Semiótica.** Perspectiva. São Paulo. SP, 2000.

PERALES PALACIOS, F.J. Uso (y abuso) de la imágenes em la enseñanza de lãs ciências. **Enseñanza de Lãs Ciências**, 24(1), p. 13-30, 2006.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**/Maurício Pietrocola, organizador. 2 ed.rev. Florianópolis: UFSC, 2005.

PINO, A. O biológico e o cultural nos processos cognitivos. In: MORTIMER, E.F.; SMOLKA, A.L.B. (Org.). **Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula.** Belo Horizonte: Autêntica, p. 21-50, 2001.

PINTÓ, R. & AMETLLER, J. Students` difficulties in readings images. Comparing results from four national research groups. **International Journal of Science Education**, v.24, n.3, p. 333-341, 2002.

POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v.66, n.2, p. 221-227, 1982.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, vol.28, N.15, 15, p. 1843-1866, December, 2006.

SACRISTÁN, J.G. & GÓMEZ, A.I.P., **Comprender e transformar o ensino**. Trad. Ernani F. da Fonseca Rosa – 4 ed.- Porto Alegre. ArtMed, 1998.

SANTAELLA, Lúcia. **O que é semiótica**. Brasiliense. São Paulo. SP, 1983.

SANTOS, M. E. **Mudança conceitual na sala de aula: um desafio pedagógico**. Lisboa: Livros Horizonte, 1991

SAUSSURE, Ferdinand de. **Curso de lingüística geral**. 24ª ed., São Paulo: Cultrix, 2002.

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 Bremem**, Duit, R. et al.(Eds), p. 310-329, 1991.

SCHAIK, C. Por que alguns animais são tão inteligentes? In **Como nos tornamos humanos: a evolução da inteligência**. São Paulo: Ediouro n. 17, 2006.

SHIPSTONE ET AL. A study of students' understanding of electricity in five European countries. **International Journal of Science Education**, vol.10, n.3, 303-316, 1988.

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

SILVEIRA, Fernando Lang da et al. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples. **Ciência e Cultura**, v.41, n.11, p. 1129 – 1133, nov, 1989.

SOLANO, F; GIL, J; PÉREZ, A.L.; SUERO, M.I. Persistência de preconcepções sobre los circuitos eléctricos de corriente continua. **Revista Brasileira de Física**, v. 24, n.4, dez, 2002.

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.

VILLANI, A. & PACCA, J.L.A. Construtivismo, conhecimento científico e habilidade didática no ensino de ciências. **Revista da Faculdade de Educação**, v. 23, n. 1-2 São Paulo Jan./Dez. 1997

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. Martins Fontes: São Paulo, 1984.

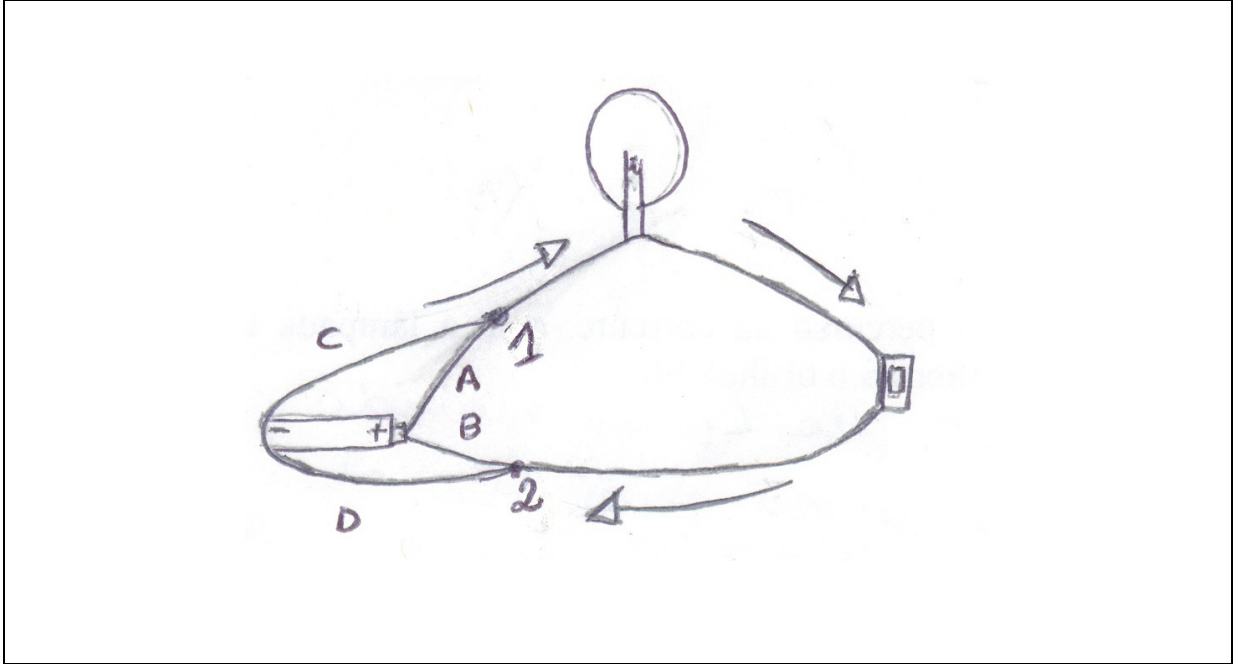
VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**. 3. ed. Martins Fontes: São Paulo, 2005.

WADSWORTH, B.J. **Piaget para o professor da pré-escola e 1º grau.** Pioneira: São Paulo, 1984.

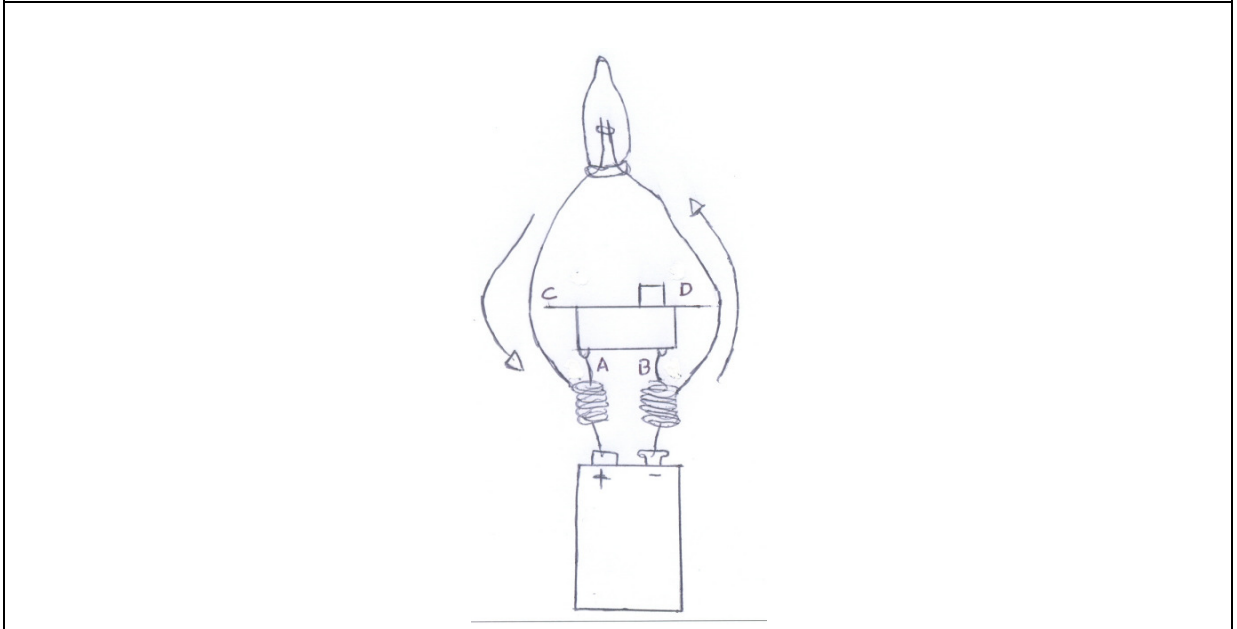
ANEXOS

ANEXO A

DESENHOS DAS ALUNAS CAMILA E FLAVIANE



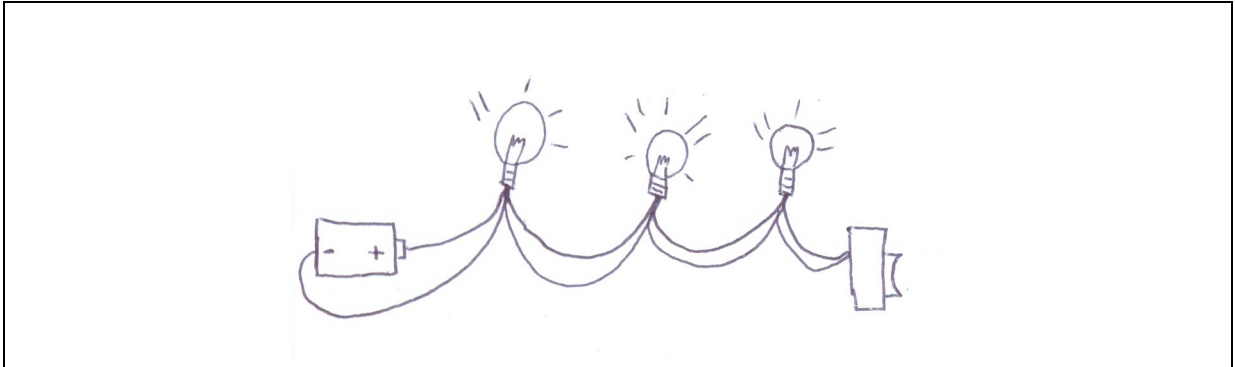
CAMILA



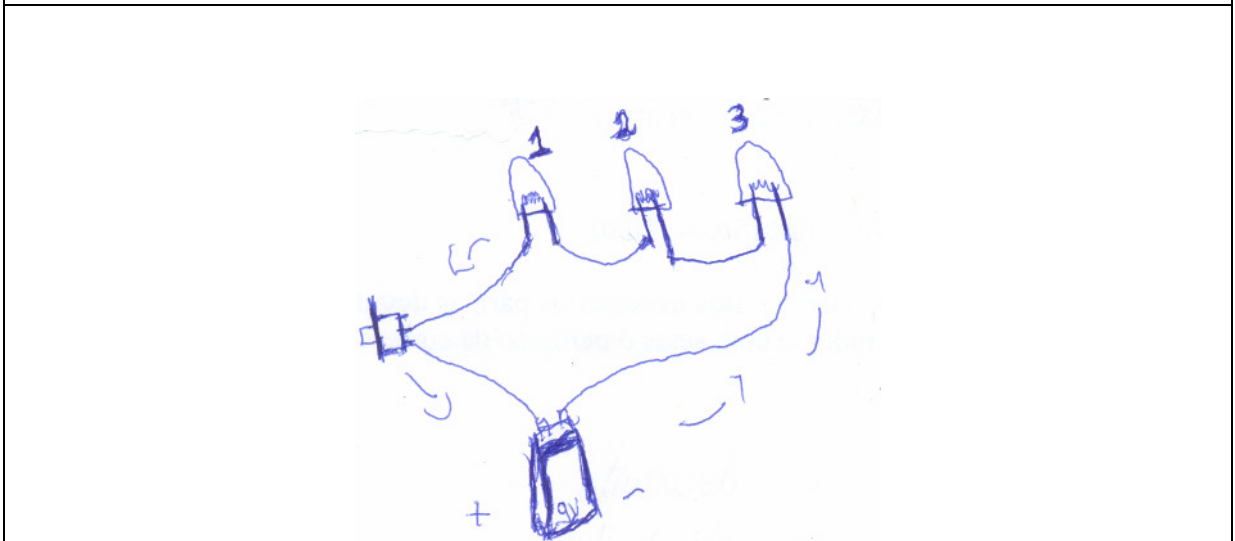
FLAVIANE

ANEXO B

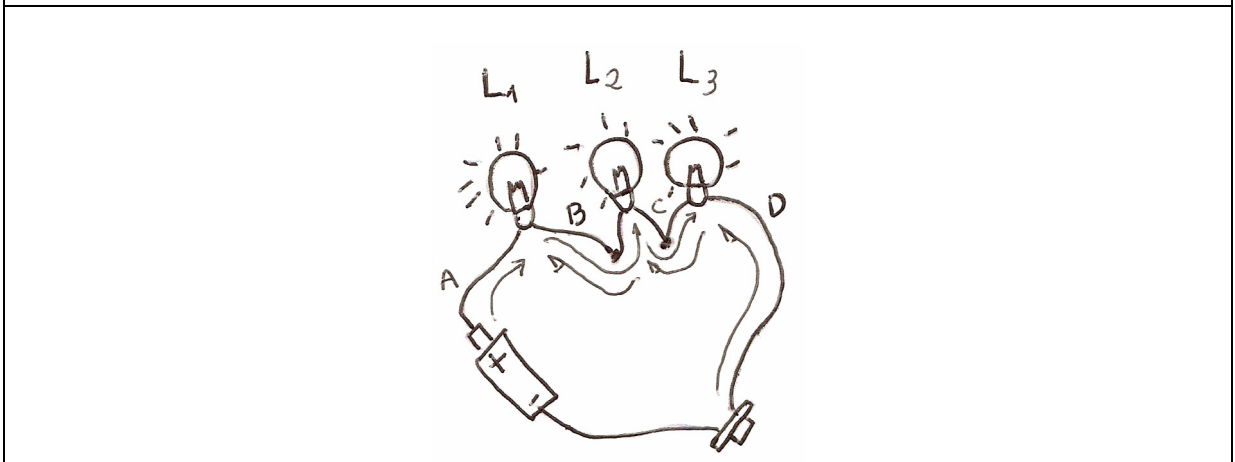
DESENHOS DOS ALUNOS RONEY, GABRIEL E ALEXSANDER.



RONEY



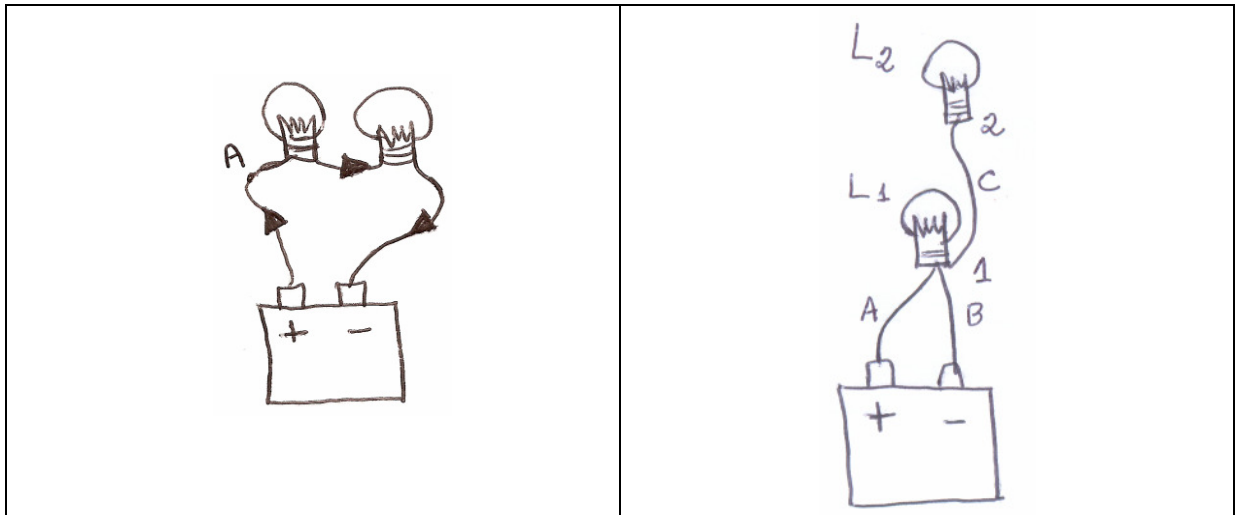
GABRIEL



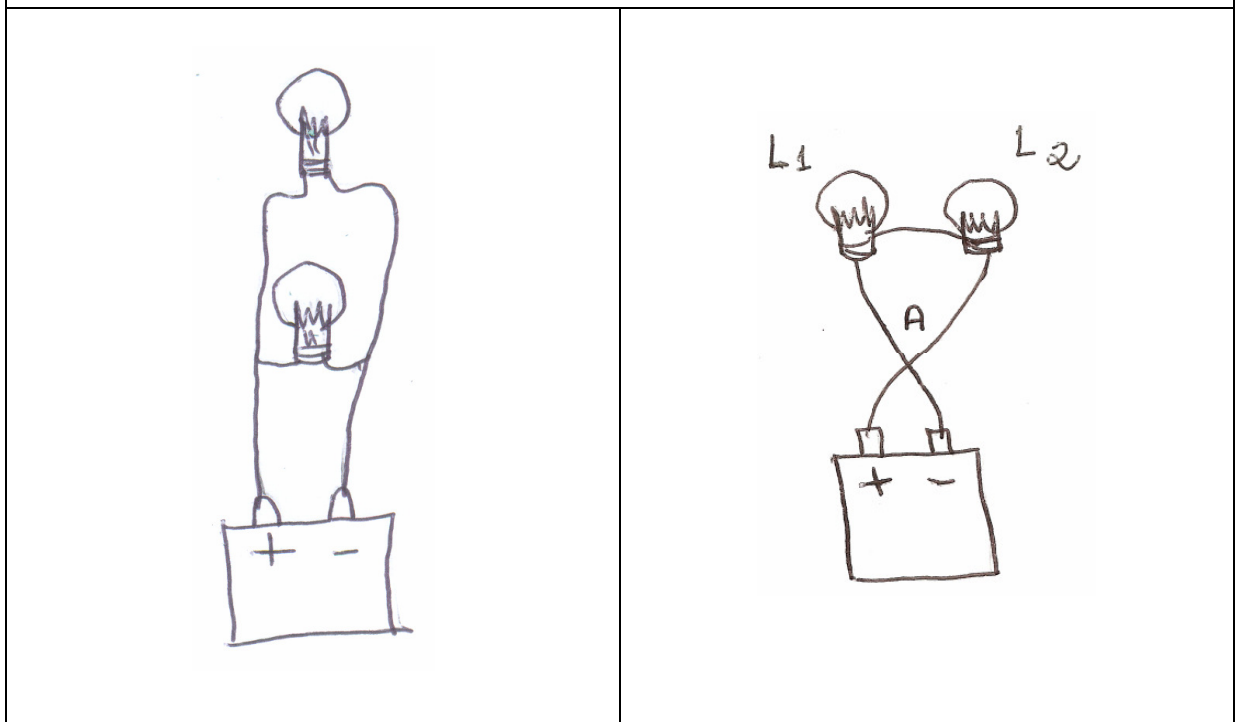
ALEXSANDER

ANEXO C

DESENHOS DA ALUNA GRAZIELE COM SIMETRIAS DIFERENTES



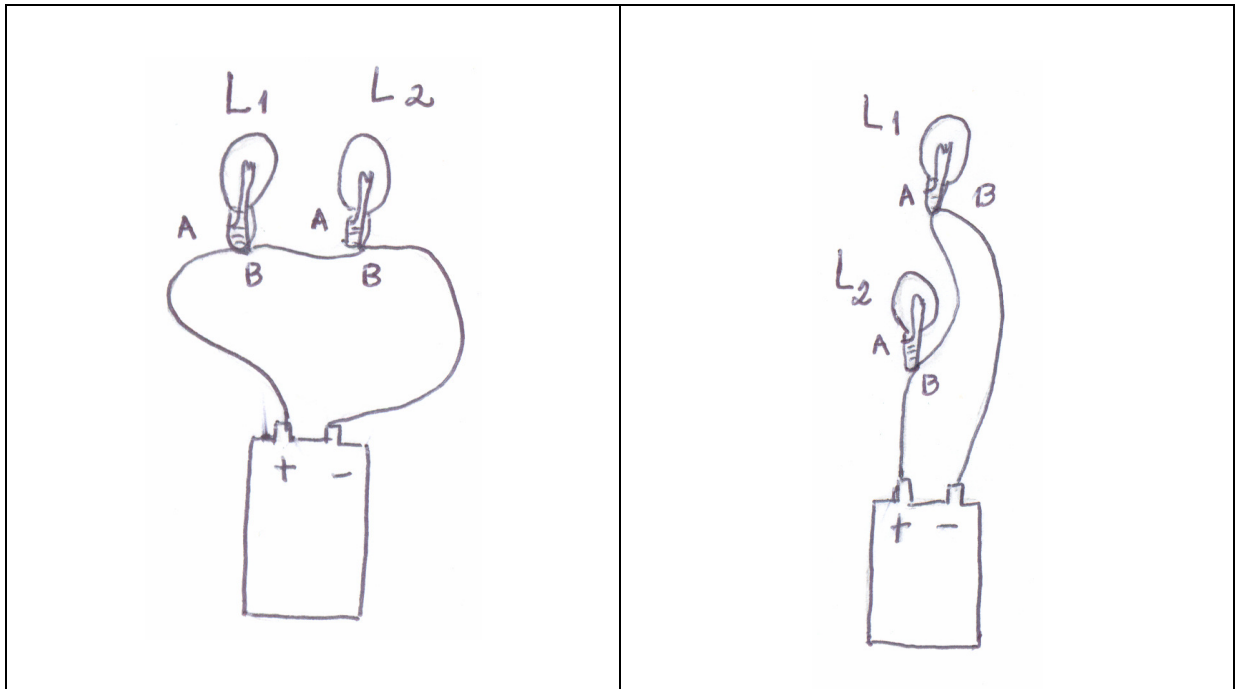
ASSOCIAÇÕES EM SÉRIE DA ALUNA GRAZIELE COM SIMETRIAS DIFERENTES.



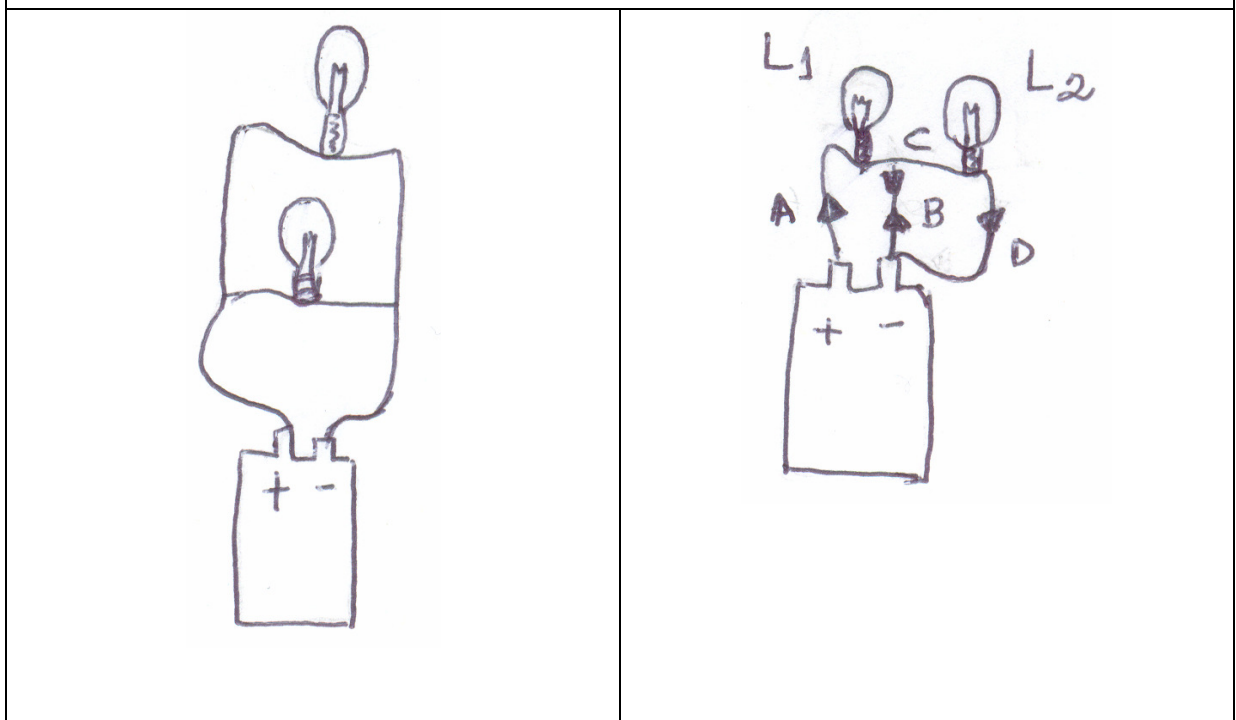
ASSOCIAÇÕES EM PARALELO DA ALUNA GRAZIELE COM SIMETRIAS DIFERENTES.

ANEXO D

DESENHOS DO ALUNO MARCOS COM SIMETRIAS DIFERENTES.



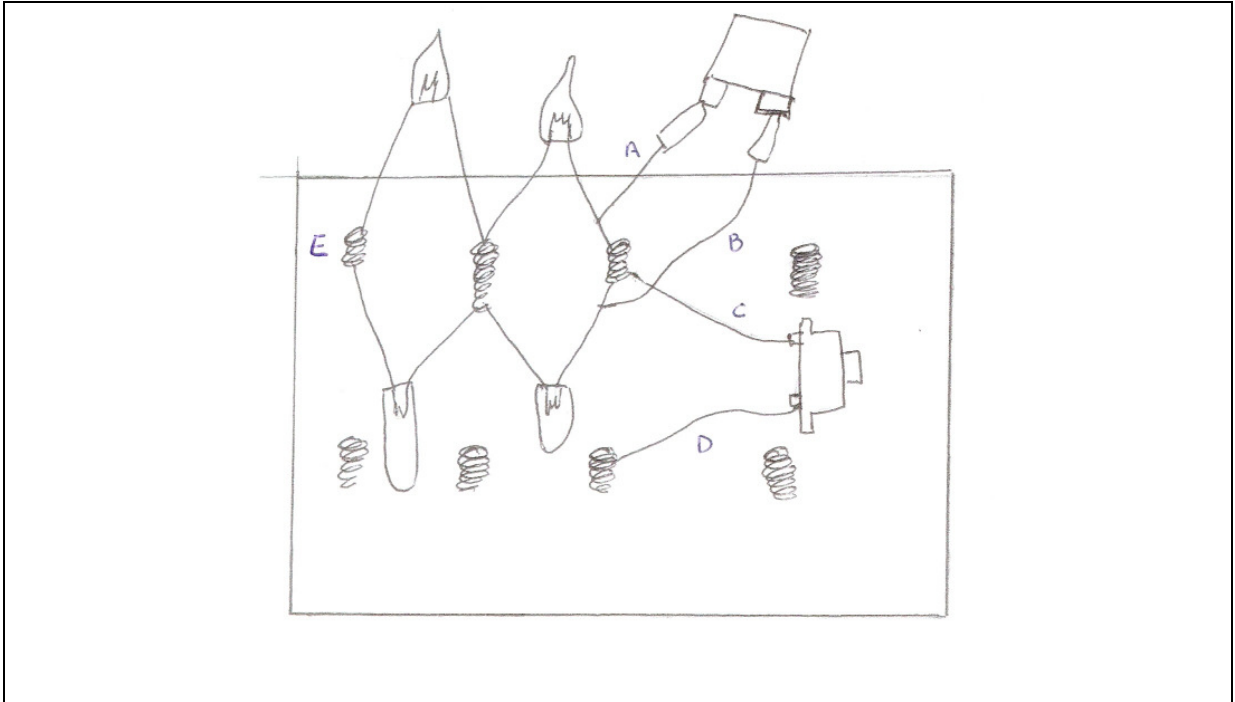
ASSOCIAÇÕES EM SÉRIE DO ALUNO MARCOS COM SIMETRIAS DIFERENTES.



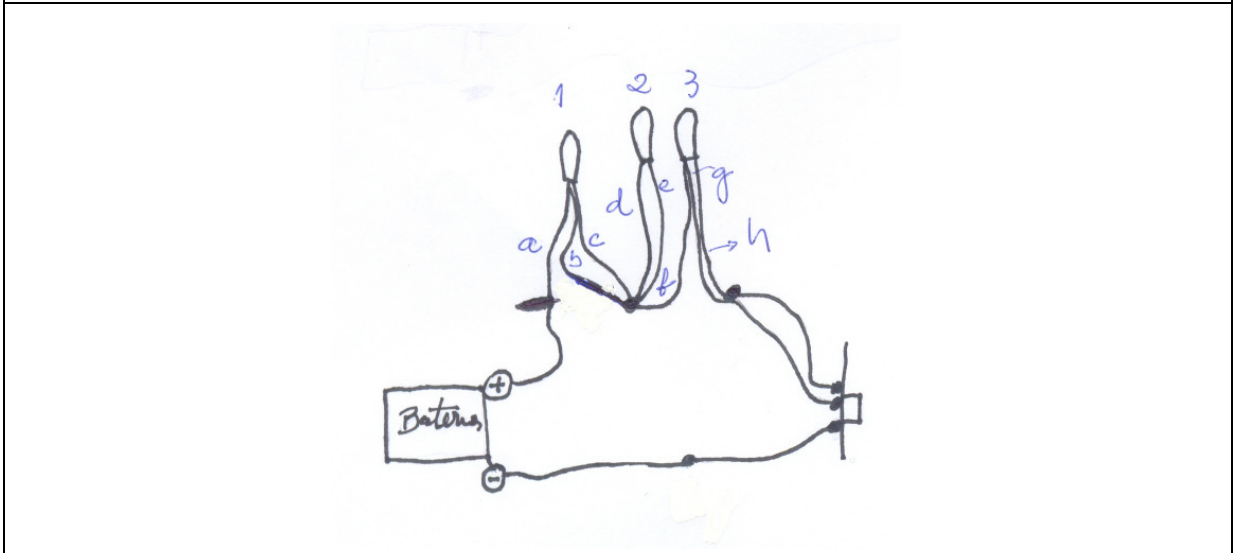
ASSOCIAÇÕES EM PARALELO DO ALUNO MARCOS COM SIMETRIAS DIFERENTES.

ANEXO E

DESENHOS DOS ALUNOS RICARDO E DANIEL



RICARDO



DANIEL

ANEXO F

ENTREVISTA DA ALUNA CAMILA

P: PESQUISADOR

P:	Camila, vamos conversar sobre o circuito desenhado por você. Tudo bem?
Camila:	Tudo bem.
P:	Primeiro, o que você entende por circuito elétrico?
Camila:	É o caminho que a corrente elétrica percorre sem ser interrompida.
P:	E quais as condições para o seu funcionamento?
Camila:	É preciso ter uma bateria, uma resistência, as lâmpadas e a chave.
P:	Isso quanto aos elementos de um circuito, mas, como eles devem estar ligados?
Camila:	Ah!(?), eles devem estar ligados de maneira que o circuito esteja fechado.
P:	Muito bem. Explique-me melhor.
Camila:	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.
P:	Nós trabalhamos com um circuito com lâmpadas de natal. Quantos terminais têm uma lâmpada?
Camila:	Dois.
P:	E como eles devem estar ligados? Você lembra?
Camila:	Sim. Cada fio num terminal.
P:	Verifique as ligações da lâmpada no seu desenho. Estão corretas?
Camila:	Sim.
P:	O que faz a lâmpada acender?
Camila:	A corrente elétrica produzida pela bateria que passa pelo seu filamento.
P:	Se ligarmos uma lâmpada de acordo com o seu circuito ela acenderá?
Camila:	Acho que sim.

P:	O que está acontecendo na pilha enquanto a lâmpada está acesa?
Camila:	Está transformando energia elétrica em energia térmica.
P:	Não, Camila. Isso que você falou é o que acontece na lâmpada. A pergunta é em relação à pilha. O que acontece na pilha?
Camila:	Quando a lâmpada está acesa?
P:	Exato.
Camila:	Está havendo um ciclo de corrente que sai da pilha pelo pólo positivo está passando por todo o circuito e terminando nela novamente no pólo negativo.
P:	Bem, então a pilha tem quantos pólos?
Camila:	Dois, um positivo e um negativo.
P:	Verifique a pilha no seu desenho. Está correta?
Camila:	Está.
P:	Você falou que a corrente sai do positivo e chega até o pólo negativo. Certo?
Camila:	Certo.
P:	Então, está saindo duas correntes da sua pilha?
Camila:	Duas? Não.....(pausa)
P:	Quantos fios você ligou no pólo positivo?
Camila:	Dois.
P:	Vou numerar todos os fios que estão ligados na pilha em A,B, C e D. Certo?
Camila:	Tudo bem.
P:	Então, Camila. Quantos fios você ligou na bateria?
Camila:	Quatro. A e B no positivo e C e D no negativo.
P:	Por quê?
Camila:	Ah... a carga positiva sai do positivo e a negativa do pólo negativo....
P:	Por quais fios?
Camila:	Pelos fios A e C e aí passa pela lâmpada indo até a chave e retorna a carga positiva para o positivo da pilha e a carga negativa para o pólo negativo da pilha.
P:	Pelos fios...
Camila:	B e D.

P:	Então, Camila o que é corrente elétrica para você?
Camila:	São cargas elétricas em movimento. Como eu falei a carga negativa sai do negativo a carga positiva sai do positivo se junta aqui....
P:	Um momento vou colocar mais dois pontos 1 e 2 e você me localiza por eles OK?
Camila:	OK. Aí, professor, as cargas se juntam no ponto 1 passam pela lâmpada, pela chave, continuam o caminho e quando chega no ponto 2 voltam para os seus pólos e assim vai.
P:	E vai até quando?
Camila:	Até acabar a energia da pilha.
P:	Quantos volts têm uma pilha?
Camila:	1,5.
P:	E quantos volts têm nos pontos 1 e 2?
Camila:	1,5.
P:	O que é diferença de potencial?
Camila:	Diferença de potencial...ah...acho que é a voltagem da pilha. A diferença entre as cargas do pólo positivo e do pólo negativo.
P:	Obrigado. Vamos tirar as dúvidas na aula. Certo?
Camila:	Tudo bem

ANEXO G

ENTREVISTA DA ALUNA FLAVIANE

P:	Flaviane, nós vamos conversar sobre o circuito elétrico desenhado por você. Tudo bem?
Flaviane:	Tudo.
P:	Você acha que se montar um circuito dessa maneira vai funcionar?
Flaviane:	Acho que sim.
P:	Vamos montar o circuito. (tempo) Tudo bem? Alguma dúvida?
Flaviane:	Não.
P:	Então, liga o circuito.
Flaviane:	(Manipula a chave, pensando que está ligando a mesma quando, na realidade, está desligando).
P:	Acendeu a lâmpada?
Flaviane:	Acendeu.
P:	Quais componentes há no circuito?
Flaviane:	Uma bateria, dois terminais, a chave e uma lâmpada.
P:	Qual a função da chave?
Flaviane:	Ligar e desligar.
P:	Está ocorrendo isso?
Flaviane:	Está.
P:	Então, o circuito está certo?
Flaviane:	Está.
P:	O que você entende por corrente elétrica?
Flaviane:	É o movimento ordenado de cargas elétricas dentro de um fio.
P:	Então, agora partindo do pólo positivo, mostre-me por meio de flechas, no seu desenho, o percurso da corrente.
Flaviane:	(Desenha as flechas indicando o percurso da corrente, mas direciona as flechas do negativo para o positivo).
P:	Bem, se a função da chave é ligar e desligar a lâmpada, isto é, interromper a corrente, pelo que você desenhou, a chave não está no meio do caminho da corrente. Como pode a chave ligar e desligar a

	lâmpada?
Flaviane:	(Pensa e responde) Não sei.
P:	Observe o seu desenho. A corrente não teria outro caminho a percorrer?
Flaviane:	Teria. O caminho da chave.
P:	Se há dois caminhos para ela percorrer, um passando pela lâmpada e outro pela chave, como é que pode a chave estar ligar e desligar?
Flaviane:	Não sei.
P:	Vamos verificar. Vou colocar ponto C e ponto D na chave. No ponto C, a chave está ligada ou desligada?
Flaviane:	(Observa a chave) Desligada.
P:	Observe melhor.
Flaviane:	Está ligada, ligada.
P:	No ponto C a chave está ligada e no ponto D...
Flaviane:	Desligada.
P:	Quando a chave está ligada, ela conecta o fio A com o fio B e, quando ela está desligada, ela interrompe os dois fios. Retomando: a chave está na posição...
Flaviane:	C.
P:	Na posição C, a chave está ligada ou desligada?
Flaviane:	Ligada.
P:	Quando a chave está na posição D, ela está...
Flaviane:	Desligada.
P:	O que você está observando? Quando a chave está na posição...
Flaviane:	C, que é ligada, a lâmpada não está acendendo. Se eu desligar a chave, a lâmpada acende.
P:	E você sabe por que isso está ocorrendo?
Flaviane:	Não sei.
P:	O que é a lâmpada para você?
Flaviane:	É um resistor.
P:	E qual a característica ou função do resistor?
Flaviane:	É... oferecer resistência à passagem de corrente.
P:	Então, pelo seu desenho no circuito, a corrente tem dois caminhos a serem percorridos. Quando você liga a chave, o que está acontecendo

	com a lâmpada?
Flaviane:	Apaga.
P:	Por quê?
Flaviane:	Porque ela (a chave) deve estar dificultando a passagem de corrente.
P:	Não é ao contrário? A corrente deve estar fazendo o quê?
Flaviane:	O caminho mais fácil.
P:	Olhe bem para o seu desenho, esqueça a lâmpada e tente me explicar o que acontece quando você liga a chave.
Flaviane:	Como assim?
P:	Na realidade, quando você liga a chave, isto é, quando você coloca a chave na posição C, está sendo conectado o fio A e B. Certo?
Flaviane:	Certo.
P:	Quando você faz isso, você está ligando o que, na realidade?
Flaviane:	O pólo negativo com o pólo positivo.
P:	Certo. Neste caso, qual o valor da resistência entre os pontos A e B?
Flaviane:	O valor da resistência?
P:	Isso. Qual o valor?
Flaviane:	Não sei.
P:	Obrigado, Flaviane. Vamos tirar as dúvidas durante as aulas. Ok.
Flaviane:	Ok.

ANEXO H

ENTREVISTA DO ALUNO RONEY

P:	Roney observe o seu desenho e, explique as ligações feitas.
Roney:	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.
P:	E a chave?
Roney:	Após ter feito a ligação na terceira lâmpada eu fiz a ligação da chave. Para que eu possa ligar e desligar o circuito.
P:	Você desenhou uma associação em série?
Roney:	Sim, por isso levei os fios da bateria até a chave, ligando uma lâmpada na outra.
P:	O que você entende por ligação em série?
Roney:	É quando todas as lâmpadas estão ligadas uma em seguida da outra.
P:	O que faz uma lâmpada acender?
Roney:	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.
P:	E, como é esse movimento?
Roney:	Vai do positivo para o negativo.
P:	Você representou todas as lâmpadas acesas. No seu entendimento, do modo como está o circuito, tem certeza que as lâmpadas acenderão?
Roney:	Acho que sim.
P:	Em cada lâmpada e na chave vou marcar quatro pontos com as letras A,B,C e D. O que você observa nestes pontos?
Roney:	Eu levei os dois fios no mesmo ponto de cada lâmpada.
P:	E está certo?
Roney:	Está.
P:	Que lâmpadas você utilizou no circuito real?
Roney:	As lâmpadas de árvores de Natal.
P:	E quantos terminais têm uma lâmpada de árvore de Natal?

Roney:	Tem dois.
P:	Pelo seu desenho percebe-se que você ligou os dois fios que vem da pilha num só terminal da lâmpada. É isso mesmo?
Roney:	É que eu desenhei uma lâmpada comum de casa.
P:	Que tipo de lâmpada?
Roney:	Incandescente.
P:	Muito bem. No seu livro tem o desenho de uma lâmpada incandescente, ela não tem dois terminais?
Roney:	Não me lembro, deve ter.
P:	E lembra da explicação da constituição desse tipo de lâmpada?
Roney:	Mais ou menos.
P:	Por favor, pode me explicar a constituição da lâmpada?
Roney:	Posso pegar o meu caderno?
P:	Porque o caderno?
Roney:	Porque o senhor pediu para a gente desenhar a lâmpada no caderno.
P:	Qual foi o motivo?
Roney:	Para ficar mais claro os terminais da lâmpada.
P:	Tudo bem. Olhe o seu caderno e me diga o que você observa.
Roney:	A lâmpada tem dois terminais: um embaixo na solda e o outro é ligado internamente na rosca da lâmpada.
P:	Isso mesmo. Foi dessa maneira que você representou no seu desenho.
Roney:	Foi quase, me esqueci que havia o terminal do filamento na rosca. É difícil imaginar isso.
P:	Imaginar o quê?
Roney:	As ligações. Quando a gente troca uma lâmpada, enquanto não der contato embaixo ela não acende.
P:	Continue. E onde está o outro terminal para completar a ligação?
Roney:	Na própria rosca.
P:	Certo. E qual a sua conclusão?
Roney:	Para acender uma lâmpada é preciso ligar dois fios um em cada terminal do filamento: um que está na rosca e o outro embaixo na solda.
P:	Ficou claro para você?
Roney:	Ficou. Entendi.

P:	Agora, voltando ao seu desenho. Você liga os dois fios num só ponto e, deste, leva outros dois fios para a segunda lâmpada e para terceira até chegar na chave. Agora, pense na seguinte situação: na sua casa se você pegar dois fios e encostar um no outro, o que acontece?
Roney:	Estoura. Dá curto.
P:	(Pausa. O aluno percebe imediatamente e continua)
Roney:	Entendi. Coloquei as três lâmpadas em curto.
P:	E até a chave.
Roney:	Verdade.
P:	Todas as lâmpadas vão acender?
Roney:	Não, nenhuma.
P:	Como você acertaria as ligações?
Roney:	Bom, se eu ligar o positivo na rosca da primeira lâmpada, associaria em série com a segunda e a terceira e o fio que sai do negativo da pilha iria direto para a chave.
P:	Tudo bem? Você tem alguma dúvida quanto a um circuito em série?
Roney:	Não.
P:	Obrigado.

ANEXO I

ENTREVISTA DO ALUNO GABRIEL

P:	Gabriel, vamos conversar sobre o circuito elétrico desenhado por você. Tudo bem?
Gabriel:	Tudo.
P:	O que você entende por circuito elétrico?
Gabriel:	Circuito é um conjunto de componentes elétricos como gerador, condutor, receptor, chave e dispositivos de segurança que, juntos, têm a finalidade de fazer com que o receptor funcione, como, por exemplo, acendendo uma lâmpada.
P:	OK. Diga uma condição para um circuito funcionar corretamente.
Gabriel:	Ele deve estar fechado.
P:	O que uma corrente elétrica significa para você?
Gabriel:	É uma quantidade de energia elétrica disposta em um condutor metálico, ou seja, os elétrons livres com carga elétrica em movimento nos condutores.
P:	E o que faz uma lâmpada acender?
Gabriel:	A corrente elétrica passando pela lâmpada.
P:	Mas, pelos fios não passa a corrente elétrica e eles não acendem. Por quê?
Gabriel:	Acho que é... Porque a corrente tem mais facilidade de circular pelos fios.
P:	Tudo bem, mas, o que o filamento tem de diferente dos fios?
Gabriel:	Ele é bem mais fino do que um fio.
P:	E isso significa o quê?
Gabriel:	A corrente vai passar com maior dificuldade, eu acho.
P:	O que acontece na pilha enquanto a lâmpada está acesa?
Gabriel:	A energia química está sendo transformada em energia elétrica.
P:	Que tipo de associação você representou?
Gabriel:	Em série.

P:	O que você entende por isso?
Gabriel:	É quando um dos terminais de uma lâmpada está ligado ao terminal de uma outra lâmpada e, assim por diante, até fechar o circuito.
P:	E dessas três lâmpadas do seu circuito, qual terá maior brilho?
Gabriel:	A terceira.
P:	E, por quê?
Gabriel:	Porque a corrente está indo do negativo para o positivo, assim, a lâmpada três receberá a corrente primeiro e, a partir dela, irá se dividindo.
P:	Dividindo...
Gabriel:	É, dividindo a corrente.
P:	Como dividindo a corrente?
Gabriel:	A lâmpada três recebe maior corrente, a dois fica com menos e a lâmpada um com o restante, menos que a dois.
P:	Então, o que acontece se invertermos a lâmpada dois com a três?
Gabriel:	Aí, é a lâmpada dois que terá maior brilho.
P:	Quando manipulamos o circuito você prestou atenção nisso?
Gabriel:	Prestei, mas já esqueci.
P:	Tudo bem. Vamos tirar as dúvidas durante as aulas. Obrigado
Gabriel:	Falou. De nada.

ANEXO J

ENTREVISTA DO ALUNO ALEXSANDER

P:	Alexsander, posso gravar uma entrevista?
Alexsander:	Tudo bem.
P:	Você pode me explicar o seu desenho?
Alexsander:	Eu desenhei três lâmpadas em série, temos uma bateria com duas cargas. A carga negativa vai para a chave e a carga positiva direto para as lâmpadas. Quando se liga a chave, as duas cargas se encontram e, assim, as lâmpadas se acendem, com o mesmo brilho, pois as lâmpadas estão em série.
P:	E, o quê você entende por ligação em série?
Alexsander:	É quando as lâmpadas estão ligadas de modo que a corrente elétrica tenha um único caminho para percorrer.
P:	Explique-me como você fez essas ligações em série.
Alexsander:	Nesse desenho fiz assim: liguei o pólo positivo da pilha num dos terminais da lâmpada, o outro terminal desta mesma lâmpada...
P:	Um momento, Alexsander. Vou numerar as lâmpadas em L1, L2 e L3, e os fios vou colocar as letras A, B, C e D. Entendeu?
Alexsander:	Entendi.
P:	Começa de novo, mas falando as numerações das lâmpadas e dos fios.
Alexsander:	Então, liguei o fio A do positivo da pilha até a L1, o outro terminal da L1 liguei na dois, depois liguei o outro terminal da L2 na lâmpada três, levei o fio até a chave e, depois completei o circuito.
P:	Desligando uma das lâmpadas o que acontece com as demais?
Alexsander:	Também desligam, pois a corrente elétrica só tem um caminho para percorrer.
P:	Mas, Alexsander se você disse que a luz é formada pelo encontro das cargas positivas e negativas, então nos fios B e C temos duas correntes?
Alexsander:	Não entendi.

P:	Coloque as setas das cargas positivas passando por todas as lâmpadas. E faça o mesmo para as cargas negativas.
Alexsander:	(tempo) Terminei.
P:	Explique-me o que você fez.
Alexsander:	Então, professor, coloquei as setas das cargas positivas até a lâmpada três e das cargas negativas até a L1 (pausa)...tem alguma coisa errada.
P:	O quê?
Alexsander:	Está ficando duas correntes no mesmo fio ao mesmo tempo.
P:	Você lembra dos sentidos da corrente?
Alexsander:	Acho que sim. Uma sai do positivo e outra do negativo.
P:	Exato, a corrente é a mesma é o sentido que você pode determinar. Ou você adota o sentido convencional ou o sentido real.
Alexsander:	Ah, professor, agora estou confundindo tudo. Não dá pra entender.
P:	Tudo bem, Alexsander, vamos tirar as dúvidas durante as aulas. Certo?
Alexsander:	OK.

ANEXO L

ENTREVISTA DA ALUNA GRAZIELE

P:	Graziele, vamos conversar sobre os seus desenhos. OK?
Graziele:	Tudo bem.
P:	O que você entende por ligação em série?
Graziele:	Ah, acho que é ligar um todo no outro. Para mim é isso. 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, do lado esquerdo, da Figura 19)
P:	E, qual o comportamento da corrente nesse circuito?
Graziele:	Ela chega na lâmpada um que pega a maior parte da carga elétrica depois ela divide com as outras lâmpadas o brilho fica menor então a primeira vai brilhar sempre mais que as outras.
P:	Divide o quê?
Graziele:	A carga da corrente elétrica.
P:	E, o que você entende por corrente elétrica?
Graziele:	É um movimento ordenado de elétrons.
P:	O que é que produz esse movimento dos elétrons? A corrente elétrica.
Graziele:	A força da bateria.
P:	E como que surge essa força?
Graziele:	Acho que pela diferença de potência. É que um pólo é mais forte e o outro é mais fraco.
P:	OK. Agora, mostre no circuito como você acha que é o percurso da corrente.
Graziele:	Como? Pode ser com setinhas.
P:	Pode. (Tempo. Graziela desenha as setas indicando o percurso da corrente) A lâmpada tem quantos terminais?
Graziele:	Dois
P:	Dois. Então, como estão ligados esses terminais?

Graziele:	Acho que este terminal está ligado no positivo passa pela lâmpada depois vai indo e liga na outra lâmpada. Passa uma corrente só.
P:	Certo. Então, para funcionar o circuito tem que estar....
Graziele:	Fechado.
P:	Agora vamos para o outro circuito.
Graziele:	Este não está fechado ele está estranho.
P:	Graziele, vou numerar as lâmpadas em L1 e L2. Neste circuito qual lâmpada vai funcionar?
Graziele:	Acho que a lâmpada um.
P:	E a lâmpada dois?
Graziele:	Não porque ela está... Eu fiz assim: do pólo positivo liguei até a lâmpada um depois do pólo negativo também até a lâmpada um e liguei com a lâmpada dois.
P:	Tudo bem. Mas, por que a lâmpada dois não vai acender?
Graziele:	Falta um fio.
P:	E este fio teria que estar ligado como?
Graziele:	Da lâmpada até o pólo positivo.
P:	Tem certeza?
Graziele:	Acho que sim.
P:	Agora, Graziele vamos falar da associação em paralelo. Qual o seu entendimento?
Graziele:	Acho que é aquela associação que cada lâmpada tem o seu circuito é... Como nas casas, por isso que pode queimar uma lâmpada e as outras ficarem acesas.
P:	Essas duas associações estão em paralelo?
Graziele:	Essa daqui eu tenho certeza. (aponta para o circuito do lado esquerdo da Figura 19)
P:	E a outra? (Referindo-se ao circuito do lado direito da Figura 19)
Graziele:	Não tenho.
P:	Observe, vou colocar um ponto A, no seu desenho. Esses fios neste ponto A estão ligados?
Graziele:	Não.

P:	Então, explique-me como você fez essa ligação? (Estávamos nos referindo ao circuito do lado direito da Figura 19)
Graziele:	Ah, fiz assim. Liguei o fio do positivo da bateria até a lâmpada dois, depois liguei com a lâmpada um, cruzei e liguei no negativo.
P:	Que tipo de ligação você fez?
Graziele:	Paralelo? Não é?
P:	Qual é a dificuldade de fazer as ligações?
Graziele:	É difícil de compreender.
P:	Tá bom, Graziele. Vamos explicar novamente depois, durante as aulas. Tudo bem?
Graziele:	Tudo
P:	Obrigado.
Graziele:	De nada.

ANEXO M

ENTREVISTA DO ALUNO MARCOS

P:	Marcos, observe os dois circuitos. Os mesmos representam as mesmas ligações?
Marcos:	(tempo) Sim.
P:	Você pode me explicar como fez as ligações?
Marcos:	Neste daqui (aponta para o circuito A da Figura 19) liguei os fios do mesmo lado das lâmpadas até a bateria. E, neste (aponta para o circuito B da Figura 19), procurei seguir o que eu já tinha feito.
P:	Esse modo de ligar pertence a que tipo de associação?
Marcos:	Em paralelo.
P:	Logo os dois representam o mesmo circuito elétrico?
Marcos:	Sim.
P:	Observe que eu vou enumerar os fios do circuito, fio A, B, C e D. E as lâmpadas como L1 e L2. OK?
Marcos:	Tudo bem.
P:	Você pode me explicar novamente as ligações desse segundo desenho? (aponto para o circuito B da Figura 19)
Marcos:	Então, a corrente sai do positivo passa pela lâmpada (está mostrando a L1) e volta. Pra ir para a outra, também (fala da L2) tem que ir, passar e voltar.
P:	Por quais fios você está falando na segunda lâmpada, a L2, do seu desenho?
Marcos:	Pelo fio B, depois pelo fio C e retorna pelo D.
P:	Marcos, nós trabalhamos nos circuitos com baterias comuns. Qual a diferença de potencial entre os pólos dessas baterias?
Marcos:	A voltagem?
P:	Isso. Qual a voltagem dessas baterias comuns? A ddp.
Marcos:	9 V.
P:	Muito bem. Qual a diferença de potencial entre os fios A e B?
Marcos:	9 V.

P:	E entre os fios B e C?
Marcos:	9 V.
P:	Por favor, explique-me novamente as ligações?
Marcos:	O fio A está ligado no pólo positivo, de onde sai a corrente, passa pela lâmpada um e retorna pelo fio B até o pólo negativo.
P:	Certo. E a diferença de potencial entre os fios A e B é...
Marcos:	9 V.
P:	E, agora, verifique as ligações dos fios na lâmpada dois.
Marcos:	Então, professor, o fio B está ligado no pólo negativo, de onde sai a corrente, passa pela lâmpada dois e retorna para o pólo negativo.
P:	Sai do negativo...
Marcos:	É, professor, não existem duas correntes?
P:	Não estou entendendo. Você pode explicar?
Marcos:	Não tem uma que sai do pólo positivo e vai até o negativo e outra que sai do negativo e vai até o pólo positivo?
P:	Você está falando dos sentidos da corrente.
Marcos:	É.
P:	Tudo bem. Marcos, mas seguindo seu raciocínio, a corrente sai do negativo e está retornando para o mesmo pólo negativo?
Marcos:	Eu não sei, tá errado, né? Agora que estou vendo que a lâmpada dois está ligada no mesmo pólo.
P:	E qual a consequência disso?
Marcos:	Acho que não vai acender.
P:	A lâmpada tem quantos terminais?
Marcos:	Dois.
P:	E esses terminais têm que ser ligados como?
Marcos:	Em pólos diferentes da bateria.
P:	Tente explicar.
Marcos:	A corrente tem que fazer um ciclo, saindo do positivo, passando pela lâmpada e chegando ao negativo. E, aqui, o fio B ficou com duas correntes, uma chegando e outra saindo ao mesmo tempo. Tá errado.
P:	E por que você ligou dessa maneira a lâmpada dois?
Marcos:	Não sei. Na hora parecia que estava certo.

P:	Por quê?
Marcos:	Eu fechei o circuito e a disposição das ligações é parecida nos dois circuitos.
P:	Não estou entendendo. Você pode explicar?
Marcos:	Não tem uma que sai do pólo positivo e vai até o negativo e outra que sai do negativo e vai até o pólo positivo?
P:	Você está falando dos sentidos da corrente.
Marcos:	É.
P:	Tudo bem. Marcos, mas seguindo seu raciocínio, a corrente sai do negativo e está retornando para o mesmo pólo negativo?
Marcos:	Eu não sei. Está errado, né? Agora que estou vendo que a lâmpada dois está ligada no mesmo pólo.
P:	E qual a consequência disso?
Marcos:	Acho que não vai acender.
P:	A lâmpada tem quantos terminais?
Marcos:	Dois.
P:	É esses terminais têm que ser ligados como?
Marcos:	Em pólos diferentes da bateria.
P:	Tente explicar.
Marcos:	A corrente tem que fazer um ciclo, saindo do positivo, passando pela lâmpada e chegando ao negativo. E, aqui, o fio B ficou com duas correntes, uma chegando e outra saindo ao mesmo tempo. Tá errado.
P:	E por que você ligou dessa maneira a lâmpada dois?
Marcos:	Não sei. Na hora parecia que estava certo.
P:	Por quê?
Marcos:	Eu fechei o circuito e a disposição das ligações é parecida nos dois circuitos.
P:	Agora, vamos verificar os circuitos em série. Vou numerar o filamento das lâmpadas em A e B nos dois circuitos. (tempo). Entendeu.
Marcos:	Entendi. Já sei os fios não estão ligados no filamento da lâmpada.
P:	Alguma lâmpada vai acender?
Marcos:	Não, nenhuma.
P:	Como que você deveria ligar essas lâmpadas em série?

Marcos:	Levar o positivo até o terminal A da lâmpada , o B até o terminal A da outra lâmpada e fechar o circuito.
P:	A partir de que ponto?
Marcos:	Do ponto B da lâmpada.
P:	Tudo correto. Mas, porque você não isso antes?
Marcos:	Acho que não prestei atenção. Nem lembrei do filamento.
P:	Alguma dúvida da associação em série?
Marcos:	Não.
P:	Obrigado.

ANEXO N

ENTREVISTA DO ALUNO RICARDO

P:	Ricardo, todos os alunos estão acompanhando no quadro a sua representação e você segue na sua folha. Você acha que este circuito representado dessa maneira vai funcionar?
Ricardo:	Ele ligou, ué!
P:	Ligou?
Ricardo:	Acendeu todas as luzes.
P:	Acendeu todas as luzes na hora que você ligou?
Ricardo:	Sim.
P:	Observe o seu desenho.
Ricardo:	No ponto D, está faltando mais um fio, o fio B deveria estar ligado no ponto D, para fechar o circuito.
P:	Desse modo o que está acontecendo com o circuito?
Ricardo:	Ele está aberto.
P:	Este é o primeiro engano, mas continue a observação do circuito.
Ricardo:	A chave A e B está ligada.
P:	A chave A e B?
Ricardo:	Não, os fios A e B estão ligados na bateria, como a chave está ligada, ele vai acender mesmo estando no D. O D é negativo, o D não precisa passar corrente, ele é um tipo isolante, ele só não descarrega. Não é?
P:	Explique melhor?
Ricardo:	Que nem aqui (apontando para o fio A). O fio positivo está ligado no resto e o negativo está ligado na parte de metal, então, você liga o negativo com negativo e o positivo com o positivo para poder acender. Se não vai passar corrente.
P:	Você falou que está ligado na parte de metal?
Ricardo:	Na molinha, ali...
P:	Entendi. [Neste momento, o professor solicita a ajuda dos colegas]
P:	Bem, o Ricardo não está conseguindo verificar um erro no circuito. Alguém poderia ajudá-lo?

James:	Os fios A e B estão em curto-circuito, esta chave está desligada, fora do circuito. (James tenta acertar o circuito, ligando o fio B no D juntamente com um dos terminais da lâmpada quatro).
P	Realmente, James, você tirou o curto dos fios A e B, agora, o circuito irá funcionar, mas não de maneira correta com o circuito dado.
James:	(Observa o circuito) Posso olhar o meu desenho?
P:	Sim. (Entrego a James a sua representação)
James:	(Observa o seu desenho) Já sei. O fio A deve ser ligado no ponto E e o fio B continua no ponto D. Só que agora tem que completar aqui. (Religa o circuito)
P:	Isso, obrigado.
P:	Você percebeu Ricardo? Sua chave não estava ligada ao circuito e na representação dos fios A e B, está em curto circuito.
Ricardo:	Sim.
P:	Obrigado aos dois.

ANEXO O

ENTREVISTA DO ALUNO DANIEL

P:	Daniel observe o circuito real que foi apresentado para você composto de quatro lâmpadas, de uma bateria e uma chave. No seu diagrama eu enumerei as lâmpadas. Observe o circuito e o seu diagrama e, me diga o que está incorreto.
Daniel:	Eu acho que liguei errado os pontos né na bateria.
P:	Tá. Mas, antes de falarmos da bateria olha a quantidade de lâmpadas.
Daniel:	Quatro.
P:	E quantos têm no seu circuito.
Daniel:	Três.
P:	Me explique.
Daniel:	Economizei uma né. Por que eu quiz só representar só na verdade né, é pra mim acho que daria na mesma eu colocar três, quatro, cinco ou dez lâmpadas.
P:	OK. Agora vamos ver as ligações dos fios. Na lâmpada 1, olha no seu diagrama, você colocou fio A, fio B e fio C. Você ligou três fios numa mesma lâmpada?
Daniel:	É, está errado, tinha que ligar só dois.
P:	A segunda lâmpada tem dois fios. O fio D e o fio E mas, eles estão ligados como ?
Daniel:	No mesmo ponto.
P:	Exato. No mesmo ponto?
Daniel:	Está errado, na verdade tinha que ser num ponto separado.
P:	Exato. E, Na lâmpada três nós temos os fios F, o fio G e o fio H. Quantos fios você têm nessa lâmpada?
Daniel:	Três. Tá errado também né.
P:	Agora, verifica a ligação no interruptor. Quantos fios têm no interruptor?
Daniel:	Dois.

P:	E quantos fios tem no seu interruptor?
Daniel:	(risadas) Tem três.
P:	Você tem uma explicação? Ao passar do real para o diagrama você acha que foi falta de que?
Daniel:	Atenção.
P:	Só atenção?
Daniel:	É se eu tivesse pensado com certeza teria feito certo porque é só copiar o desenho do circuito.
P:	Tá bom. Depois a gente vai discutir mais.
Daniel:	Beleza.
	(já tinha desligado o gravador quando Daniel começa a falar novamente)
Daniel:	Seu eu tivesse colocado cinco lâmpadas estaria errado? Não poderia colocar cinco ou mais? Teria que ser quatro?
P:	A representação que você deveria fazer é só de quatro porque o circuito só tem quatro lâmpadas.
Daniel:	É que eu quis fazer o circuito de outra maneira. Eu pensei mais em fazer o circuito do que copiar o circuito.