



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

GILBERTO FRANZONI

**MÚTIPLAS REPRESENTAÇÕES APLICADAS NA
APRENDIZAGEM DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Londrina
2010

GILBERTO FRANZONI

**MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES APLICADAS NA
APRENDIZAGEM DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

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
2010

GILBERTO FRANZONI

**MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES APLICADAS NA APRENDIZAGEM
DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

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.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador Dr. Carlos Eduardo Laburú
UEL – Londrina – PR

Prof.^a Dr.^a Maria Inês Nobre Ota
UEL – Londrina – PR

Dr. Fabio Luiz Melquiades
UNICENTRO – Paraná – BR

Londrina, 05 de novembro de 2010

A minha esposa Elisangela, minha filha
Ana Clara e meu filho Arthur, com
muito amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor da Vida, que me permitiu entrar e concluir este Curso de Mestrado.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, por me aceitar como seu orientando, pela paciência e apoio em todos os momentos.

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

A Professora Maria Inês Nobre Ota e ao Professor Fabio Luiz Melquiades pelas excelentes sugestões e contribuições durante a qualificação.

Aos colegas do mestrado, pela amizade construída.

Aos amigos do grupo de estudo que participaram com ótimas sugestões na construção do meu projeto e demais etapas da minha pesquisa.

FRANZONI, Gilberto. **Múltiplas representações aplicadas na aprendizagem de circuitos elétricos**. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo investigar e analisar a viabilidade e a potencialidade do desenho em funcionar como uma representação mediadora para solucionar problemas conceituais de aprendizagem e dificuldades de compreensão dos alunos da terceira série do Ensino Médio, por meio de uma sequência didática envolvendo a mudança entre a representação do experimento real tridimensional e o esquema em circuitos elétricos. Tal ideia surgiu da leitura de recentes pesquisas sobre a dificuldade dos alunos em mudar de representação semiótica e interpretar de forma coerente e compatível com a significação os símbolos e esquemas próprios dos circuitos elétricos. Participaram do estudo o professor pesquisador e estudantes do Ensino Médio. Os desenhos têm a função inicial de abrir espaço para discussão relacionada à eletricidade, tais como: corrente elétrica, carga elétrica, resistência, diferença de potencial, além de estabelecer, por meio de instrução do professor, o significado de cada elemento do circuito elétrico. Ao criar este momento de diálogo professor-aluno, as dificuldades de entendimento emergem, podendo, assim, serem detectadas e esclarecidas mediante a orientação do professor. Posteriormente, avançamos para os esquemas, exigindo um grau de compreensão maior dos alunos, por envolver símbolos abstratos, que aumentam o nível de complexidade da representação. Ao realizar a mudança representacional do experimento real (3D) para os esquemas, o aluno pôde consultar o desenho. Esta consulta acabou transformando o desenho em uma espécie de representação ponte que facilitou a confecção dos esquemas, tornando-se uma referência icônica para ele. Os resultados da pesquisa indicam que esta abordagem, tendo o desenho como representação mediadora, contribui para o desenvolvimento da aprendizagem, favorecendo a construção de novas representações e apropriação do conceito científico, pois funciona como um meio de ligação entre circuito elétrico real (representação 3D) e a representação por esquemas oficiais.

Palavras-chave: Desenhos. Múltiplas representações. Circuitos elétricos. Representação semiótica.

FRANZONI, Gilberto. **Multiple representations in learning applied to electric circuits.** 2010. 166 f. Thesis (Master's Degree in Teaching of Sciences and Mathematical Education) State University of Londrina, Londrina, 2010.

ABSTRACT

This research aims to investigate and analyze the feasibility and potential of design to function as a mediating representation to solve conceptual problems and learning difficulties in understanding the third graders of high school, through a sequence involving the change from teaching the real three-dimensional representation of the experiment and layout of electrical circuits. This idea came from reading recent research on the students' difficulty in changing semiotic representation and interpret in a consistent and compatible with the significance of symbols and diagrams of electrical circuits themselves. Study participants were the teacher-researcher and high school students. The drawings have the initial function of open space for discussion of concepts related to physical power, such as electric current, electric charge, resistance, potential difference, and to establish, by instruction of the researcher, the meaning of each element electric circuit. By creating this time of teacher student dialogue, conceptual problems emerge and can thus be detected and resolved through the guidance of the teacher. Later, we move into the schemes, requiring a greater degree of understanding of students, by involving abstract symbols that increase the level of complexity of representation. In performing the representational change the actual experiment for 3D layouts, the student could see the drawing. This consultation ended up turning the design into a kind of representation bridge that facilitated the making of the schemes, becoming an iconic reference to it. The survey results indicate that this approach and drawing as a mediating representation, contributes to the development of learning by encouraging construction of new representations and appropriation of the scientific concept because it serves as a means of linking real circuit (3D representation) and representation schemes for officers.

Keywords: Drawings. Multiple representations. Electric circuits. Semiotic representation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação pictórica de um circuito elétrico (Pacca et al., 2003, p. 162).....	23
Figura 2 – Desenhos em série e paralelo obtido por Prain e Waldrip (2006).....	24
Figura 3 – Desenho de um circuito em série obtido por Gouveia (2007).....	25
Figura 4 – Circuito elétrico simples fornecido pelo professor.....	30
Figura 5 – Circuitos elétricos em série fornecidos pelo professor.....	31
Figura 6 – Circuitos elétricos em paralelo fornecidos pelo professor.....	32
Figura 7 – Circuito elétrico misto fornecido pelo professor.....	33
Figura 8 – Legenda dos símbolos para construção dos esquemas elétricos.....	34
Figura 9 – Esquemas de circuitos elétricos finais propostos pelo professor.....	35
Figura 10 – Desenhos produzidos pelos alunos observando um circuito simples.....	38
Figura 11 – Desenhos produzidos pelos alunos do circuito em série.....	54
Figura 12 – Desenhos produzidos pelos alunos do circuito em paralelo.....	63
Figura 13 – Desenhos produzidos pelos alunos do circuito em misto.....	71
Figura 14 – Esquemas elétricos produzidos pelos alunos dos circuitos em série, em paralelo e misto.....	82
Figura 15 – Circuitos elétricos 3D finais produzidos pelos alunos.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Visualização Sistematizada da Estratégia Didática	36
Quadro 2 – Dificuldades de entendimento dos alunos em circuitos simples	52
Quadro 3 – Dificuldades de entendimento dos alunos em circuitos em série	62
Quadro 4 – Dificuldades de entendimento dos alunos em circuitos em paralelo.....	70
Quadro 5 – Dificuldades de entendimento dos alunos em circuitos mistos	81
Quadro 6 – Síntese das dificuldades de entendimento observadas no processo de mudança de representação 3D para desenho e 3D para esquemas nos circuitos elétricos em série, paralelo e misto	95

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
1.1 MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES E A APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS	14
1.2 USO DA REPRESENTAÇÃO PICTÓRICA	19
1.3 PESQUISAS ATUAIS ENVOLVENDO A REPRESENTAÇÃO PICTÓRICA	21
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
2.1 NATUREZA DA PESQUISA	27
2.2 O CONTEXTO INVESTIGADO	28
2.3 ETAPAS DA ESTRATÉGIA DIDÁTICA PROPOSTA AOS ALUNOS	28
3 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS	38
3.1 ETAPA 2	38
3.2 ETAPA 3	53
3.3 ETAPA 4	63
3.4 ETAPA 5	71
3.5 ETAPA 6	81
3.6 ETAPA 7	96
3.7 ETAPA 8	97
3.8 SÍNTESE DOS RESULTADOS	99
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
REFERÊNCIAS	105
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	107
ANEXOS	109
ANEXO A – Desenhos, esquemas e entrevistas do aluno B1	110
ANEXO B – Desenhos, esquemas e entrevistas da aluna B5	116
ANEXO C – Desenhos, esquemas e entrevistas da aluna B4	123

ANEXO D – Desenhos, esquemas e entrevistas do aluno A1	127
ANEXO E – Desenhos, esquemas e entrevistas do aluno A2	138
ANEXO F – Desenhos, esquemas e entrevistas do aluno A3	148
ANEXO G – Desenhos, esquemas e entrevistas do aluno B3.....	156
ANEXO H – Desenhos, esquemas e entrevistas da aluna B2.....	163

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 se constitui em competências necessárias no que se refere à representação e à comunicação, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais.

A natureza do conhecimento científico está necessariamente vinculada a um tipo particular de linguagem que emprega uma variedade de representações semióticas e utiliza diversos modos discursivos para comunicá-las. Compreender esse conhecimento envolve dar significação a essas representações. Por essa perspectiva, este trabalho se propõe a propiciar ao educando uma sequência didática que o levará a fazer várias mudanças representacionais que conseqüentemente o conduzirão a se apropriar dos conceitos científicos ligados a circuitos elétricos.

Em busca de uma solução prática que pudesse ser utilizada como meio de instrução para o aluno e que estivesse de acordo com referenciais teóricos de multimodos de representações, propomo-nos a desenvolver um trabalho que levasse em conta outras linguagens não tradicionalmente usadas em sala de aula.

Na função de professor de física no ensino médio da rede pública há alguns anos venho buscando soluções para que a aprendizagem dos conceitos científicos seja frutífera e com significado para os alunos. No entanto, é comum observar na sala de aula que os alunos têm grande dificuldade em entender os conteúdos ligados à disciplina de física. Esta busca levou-nos a desenvolver uma pesquisa que realmente trouxesse à tona estas dificuldades de aprendizagem e, simultaneamente, propusesse formas de resolvê-las.

Com base nestas ideias, resolvemos desenvolver uma pesquisa que respondesse ao questionamento: Quais são os problemas conceituais de aprendizagem e as dificuldades de compreensão dos alunos que podem ser reconhecidos quando ocorre mudança entre a representação do experimento real tridimensional (3D) e o esquema oficial em circuitos elétricos e, em que medida uma proposta multimodal favorece a aprendizagem?

Para responder a esta questão foi montado uma sequência didática fundamentada nos trabalhos de Waldrip, Prain e Carolan (2006), os quais sugerem a necessidade de pesquisas que focalizem estratégias específicas e trabalhem a mudança entre diferentes modos de representação, bem como nas pesquisas de Tytler e Waldrip (2002) onde afirmam que os alunos são desafiados a desenvolver compreensões significativas, quando se

deparam com mudanças representacionais. Nossa pesquisa utiliza diversos modos representacionais que estão implícitos no processo instrucional do aluno, são eles: a representação verbal ligada às entrevistas realizadas após cada etapa de trabalho e também as instruções dadas pelo professor de forma simultânea no decorrer da seqüência didática; a representação escrita presente nas legendas dos desenhos e instruções dadas pelo professor; a representação gestual presente na forma de comunicação entre professor-aluno; a representação do experimento envolvendo o circuito elétrico real, também denominada representação 3D; a representação dos circuitos elétricos na forma de esquemas oficiais; e, em especial, as representações pictóricas relacionadas aos desenhos produzidos pelos alunos, que em nossa pesquisa adquirem um caráter mediador entre os circuitos reais e os esquemas.

O objetivo da pesquisa é, portanto, investigar qual a viabilidade e a potencialidade do desenho em funcionar como uma representação mediadora para solucionar problemas conceituais de aprendizagem e dificuldades de compreensão dos alunos da 3ª Série do Ensino Médio, por meio de uma seqüência didática envolvendo a mudança entre a representação do experimento real (3D) e o esquema oficial em circuitos elétricos.

Nesta pesquisa, as representações pictóricas são criadas a partir da observação do circuito elétrico real em funcionamento e, a princípio, exercem a função de propiciar condições para reflexão e entendimento sobre as noções conceituais relacionadas ao conteúdo de eletricidade, tais como: intensidade de corrente elétrica, carga elétrica, resistência, voltagem, além de constituir, ao longo das instruções dadas pelo professor, o significado de cada elemento do circuito elétrico. Este momento de reflexão professor-aluno torna-se, também, uma ocasião de instrução, pois ao emergirem os problemas conceituais e as dificuldades de compreensão do aprendiz no trato com o circuito elétrico real e sua representação por meio do desenho, pode-se detectá-los e mediante a orientação simultânea do professor instruir o aluno, favorecendo a compreensão do educando e tornando sua aprendizagem frutífera.

A seqüência didática, após as etapas instrucionais iniciais, avança para os esquemas elétricos oficiais, que exigem um grau maior de dedicação e compreensão dos alunos, por envolver símbolos abstratos que aumentam o nível de complexidade da representação. Esta estratégia propõe que a mudança representacional do experimento 3D para os esquemas oficiais seja mediada pelo desenho criado pelo próprio aluno ao desenvolver a nova representação. Aqui o desenho pode exercer a função de representação-ponte, facilitando a construção dos esquemas oficiais e tornando-se uma referência icônica para o aluno ao direcionar o processo cognitivo. Nosso trabalho se baseia em recentes pesquisas que

já indicavam que alunos do ensino secundário, em aulas de Física, alcançariam uma melhor compreensão de conceitos quando ocorressem mudanças entre os diferentes modos de representação (DOLIN, 2001).

Para melhor organizar o trabalho e contribuir para o entendimento do leitor sobre a pesquisa, esta dissertação está dividida em quatro capítulos, como segue:

O primeiro capítulo – *Fundamentação teórica* – está dividido em três partes. Na primeira, apresentamos uma revisão a respeito das pesquisas sobre multimodos de representações ligadas à aprendizagem. Em seguida, fazemos uma breve introdução ao uso da representação pictórica como uma proposta para iniciar e acompanhar a instrução do educando com a finalidade de abordar indiretamente a representação simbólica. Por fim, relatamos de forma resumida, outras pesquisas correlatas que utilizam a representação por desenhos como instrumento didático.

No segundo capítulo – *Procedimentos Metodológicos* – estão descritos os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa, que compreendem desde a abordagem utilizada, o contexto, a delimitação dos sujeitos da pesquisa, o instrumento para a coleta de dados (fotos, desenhos e entrevistas) e os procedimentos seguidos para a organização e tratamento dos mesmos.

No terceiro capítulo – *Análise e Apresentação dos Dados* – são apresentados e analisados os dados da pesquisa distribuídos em oito etapas distintas tendo como última parte a síntese dos resultados.

No quarto e último capítulo – *Considerações Finais* – fazemos uma retomada geral dos principais pontos abordados durante o trabalho e, em seguida, são tecidas as considerações gerais sobre a pesquisa.

Ao final da dissertação anexamos todos os desenhos, esquemas elétricos e entrevistas na íntegra realizadas durante a realização desta estratégia didática.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES E A APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS

O século XX viu surgir o crescimento de duas ciências da linguagem. Uma delas é a Linguística, ciência da linguagem verbal. A outra é a Semiótica, ciência de toda e qualquer linguagem. Profundamente integrado ao nosso próprio ser é o uso da língua que falamos, e da qual fazemos uso para escrever, a nossa língua nativa, que tendemos a nos desperceber de que esta não é a única e exclusiva forma de linguagem que somos capazes de produzir, criar, reproduzir, transformar e consumir, ou seja, ver-ouvir-ler para que possamos nos comunicar uns com os outros (SANTAELLA, 2005).

Segundo Santaella (2005), a aparente dominância da língua resulta, na maior parte das vezes, no fato de que não chegamos a tomar consciência de que a nossa presença no mundo, como indivíduos sociais que somos, é mediada por uma rede intrincada e plural de linguagem, isto é, que nos comunicamos também através da leitura e/ou produção de formas, volumes, massas, interações de forças, movimentos; que somos também leitores e/ou produtores de dimensões e direções de linhas, traços, cores... Enfim, também nos comunicamos e nos orientamos por meio de imagens, gráficos, sinais, setas, números, luzes. Por meio de objetos, sons musicais, gestos, expressões, cheiro e tato, através do olhar, do sentir e do apalpar. Somos uma espécie animal tão complexa quanto são complexas e plurais as linguagens que nos constituem como seres simbólicos, isto é, seres de linguagem.

Esta complexidade de linguagens está presente em todas as formas de conhecimento humano e especialmente dentro do âmbito científico. O conhecimento das ciências, assim como da matemática, não se compõe apenas de conceitos altamente abstratos, mas sua estrutura comunicativa se baseia em uma linguagem de grande diversidade simbólica. A aprendizagem de novos conceitos e das representações simbólicas não é um processo que se pode separar, já que não é possível cognitivamente dissociar a forma de representar os conceitos do que eles significam (TYTLER *et al.*, 2007, p. 317; DUVAL, 2006, p. 112).

Na área de Ensino de Ciências é constante a busca por soluções que viabilizem uma aprendizagem eficaz e duradoura. As recentes pesquisas indicam que os estudantes necessitam compreender, integrar e traduzir os conceitos científicos em diferentes modos de representação, como as linguagens gráficas, verbais, gestuais, numéricas, entre outras representações, no sentido de pensar e agir cientificamente. Isso porque a linguagem científica é uma integração sinérgica de palavras, diagramas, retratos, gráficos, mapas,

equações, tabelas, cartas e outros modos de representações (LEMKE, 2003). Em síntese, existe uma linguagem verbal, linguagem de sons que veiculam conceitos e que se articulam no aparelho fonador, sons estes que, no ocidente, receberam uma tradução visual alfabética (linguagem escrita), mas existe simultaneamente uma enorme variedade de outras linguagens que também se constituem em sistemas sociais e históricos de representação do mundo. Portanto, quando dizemos linguagem, queremos nos referir a uma gama incrivelmente intrincada de formas sociais de comunicação e de significação que inclui a linguagem verbal articulada, mas absorve, inclusive, a linguagem dos surdos-mudos, o sistema codificado da moda, da culinária e tantos outros (SANTAELLA, 2005).

Prain e Waldrip (2006, p. 1843-1844) consideram que, em níveis primários da aprendizagem da ciência, os estudantes necessitam ser introduzidos às representações múltiplas e multimodais de conceitos científicos, ou seja, compreender, traduzir e integrar estas modalidades como parte do aprendizado da natureza do conhecimento científico e da sua representação. Existe consenso na literatura de que os estudantes precisam desenvolver uma compreensão de diversos modos de representação, em vez de serem dependentes de modos específicos, quando estão em processo de desenvolvimento e compreensão dos conceitos científicos.

A representação "múltipla" se refere à prática de representar o mesmo conceito através de formas diferentes, incluindo modalidades verbais, gráficas e numéricas, bem como as exposições repetidas do estudante ao mesmo conceito, por outro lado, a representação "multimodal" diz respeito da integração no discurso da ciência por meio de modalidades diferentes para representar o raciocínio e conceitos científicos e seus resultados.

Segundo Duval (2004), ao se afirmar que um aprendiz está entendendo ou que aprendeu algo, é possível dizer que ele, além de ser capaz de mobilizar os conhecimentos dentro e fora do contexto de cada representação ensinada, também deve ser hábil na conversão de registros ou tradução entre quaisquer representações. Isto se torna factível a partir do momento em que o conhecimento enfocado se encontrar fundado na coordenação das representações passíveis de sofrerem transferência.

De um ponto de vista semiótico, compreender envolve, em última instância, competência no trânsito intra-representação e inter-representação de um mesmo referente (objeto ou conceito). A operação de coordenação realizada entre as representações semióticas deve cumprir, para cada uma delas, as funções de expressão, transformação e objetivação. Enquanto a transformação é importante para distinguir a natureza dos sistemas de representação semióticos, a objetivação corresponde à passagem da representação de um

estado não-consciente para um consciente, o que, em outras palavras, significa a descoberta pelo próprio sujeito do significado da representação que, portanto, passa a ter um caráter intencional (DUVAL, 2004, p. 33).

Aprender ciência envolve, forçosamente, um desafio representacional em uma variedade de contextos. Todo conceito científico é, simultaneamente, um sinal num discurso semântico verbal, em um sistema operacional de significados de ação e usualmente também num sistema de representação matemático e visual (LEMKE, 2003, p. 7). Seus significados não se levantam simplesmente da adição ou da justaposição de cada sistema de representação com o outro, mas da combinação integrada e da multiplicação dos mesmos.

Desta multiplicação vem o grande poder dos conceitos científicos, do pensamento científico e da aprendizagem dos mesmos. Um poder que vem da capacidade de se conseguir mover raciocínios livremente e consistentemente entre as formas verbais, quantitativas, matemáticas, operacionais entre outras. A fim de assegurar isso, os aprendizes necessitam negociar e consolidar entendimentos sobre como as ideias científicas são construídas e interpretadas. As diferentes representações dos conceitos e dos processos da ciência são efetivadas quando se é capaz de transladar de uma representação para outra e quando se consegue empregá-las coordenadamente (PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1844).

Uma estratégia multimodal envolve os estudantes com questões-chave do conceito científico, por representar processos da ciência e permitir interações significativamente contextualizadas no momento em que é dada a oportunidade para que demonstrem suas habilidades. Mediante as representações científicas, os estudantes interpretam sua própria construção por meio das coerências e adequações desenvolvidas nas representações de suas intenções e ideias, na medida em que discursam aos outros e adéquam convenções em suas representações (WALDRIP, PRAIN; CAROLAN 2006, p. 88).

Para Ainsworth (*apud* PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1846), o engajamento em uma pluralidade de modos e formas representacionais sustenta a aprendizagem por três motivos: é conveniente para complementar ou reforçar, por confirmação, conhecimentos passados; propicia, por restrição, o refinamento de uma interpretação ao limitar o foco do aprendiz sobre conceitos fundamentais; capacita-o a identificar um conceito ou abstração subjacente entre os modos ou dentro do mesmo modo de representação.

Os multimodos de representações consistem na integração discursiva entre diferentes representações semióticas para a construção de significados de um determinado tema ou conteúdo e se caracterizam por satisfazer as necessidades educativas evidenciadas pelo estilo cognitivo do estudante, possibilitando a diversificação nos elementos de

aprendizagem, motivando os estudantes a representar os conceitos científicos por meio de modalidades que permitem sua participação ativa no processo de aprendizagem. Os multimodos também se fazem condizentes com os princípios atuais da pedagogia que enfatizam as necessidades de aprendizagem individuais e preferências dos estudantes, e da interação ativa destes com ideias e evidências (TYTLER *apud* PRAIN; WALDRIP, 2006, p.1844).

Essa posição é reforçada quando vemos que os estudantes apresentam histórias, gostos, aspirações pessoais e motivações singulares. Portanto, pensar neles como sujeitos únicos na estruturação de estratégias metodológicas se faz necessário neste contexto devido às múltiplas identidades microculturais presentes no cotidiano escolar. “O princípio por um *pluralismo metodológico* pode ser compreendido dentro destas implicações num processo mais eficaz de ensino e aprendizagem, visto que possibilita acomodar melhor os mais distintos e discrepantes interesses subjetivos e individuais do matiz escolar” (LABURÚ; CARVALHO, 2005, p. 83-84).

Para que os estudantes construam uma forte compreensão dos conceitos científico-matemáticos e dos vários significados de suas representações, é necessário que desenvolvam um entendimento das diversas formas e modos de representá-los, ao invés de ficarem dependentes de um modo ou forma particular, ligado a um tópico específico. Torna-se evidente que um enfoque instrucional baseado em multimodos de representação é consistente com a natureza do discurso científico, já que a menção a multimodos remete à integração do discurso científico em diferentes modos para representar os raciocínios, processos, achados e explicações científicas.

Mencionar as múltiplas representações, por outro lado, é se referir à prática de representar um mesmo conceito de várias maneiras representacionais diferentes (PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1844; TYTLER *et al.*, 2007, p. 314). Por essas definições, pode-se entender que os modos representacionais são compreendidos como os meios comunicativos, e que não devem ser imaginados simplesmente como redutíveis ao meio físico, nos quais as diversas formas representacionais podem ser apresentadas. A título de ilustração, sabemos que vários modos representacionais podem ser empregados para apresentar uma forma gráfica cartesiana (em papel milimetrado, numa tela dinâmica computacional, gestualmente ou ditada oralmente). Por sua vez, uma equação matemática pode ser apresentada num mesmo modo representacional (escrita em papel), mas em múltiplas representações como nas formas de registro algébrico, gráfico ou de linguagem natural.

No que se refere a esta pesquisa, a atenção se concentra em alguns tipos específicos de representações e quais as dificuldades o aluno encontra ao fazer a mudança de uma forma de representação para outra. O foco é estudar as representações do experimento, também chamadas reais ou tridimensionais (3D), representação pictórica ou por desenho, a representação escrita ou verbal e as representações em esquemas simbólicos. Para compreender tais representações, 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.

Como exemplo de esquemas simbólicos está presente nesta pesquisa os relacionados a circuitos elétricos cujas regras nos permitem ler, interpretar e elaborar os seus diagramas, baseadas em conhecimentos específicos da Física e que têm o compromisso de uma interpretação única. Conseqüentemente, um esquema 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 representações semióticas (GOUVEIA, 2007).

A linguagem abstrata dos símbolos oficiais, quando usada para facilitar as operações e os raciocínios envolvidos com o conteúdo, acaba por esconder do professor as dificuldades conceituais dos seus alunos, que costumam trabalhar com elas de forma mecânica, sem realmente entendê-las (LABURÚ *et al.*, 2009, p. 43).

Segundo Jacob Bronovsky (*apud* ALMEIDA, 1998, p.53), “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”. É a organização cognitiva, o domínio claro de um conceito, que vai permitir a leitura correta de um texto científico ou de um esquema elétrico. Além do desenho, a sequência didática aqui apresentada usou uma gama de outras representações semióticas. O desenho teve um papel essencial para se atingir nosso objetivo, no entanto, as representações gestuais, verbais, escritas contribuíram para enriquecer e tornar frutífera a aprendizagem dos alunos. Além destas que são as mais naturais também foram utilizadas as leituras do multímetro, do experimento com o circuito real 3D e dos esquemas oficiais. Esta forma de agir está de acordo com o pluralismo didático defendido por Laburú e Carvalho (2005, p. 77) quando dizem:

[...] defenderemos um encaminhamento didático, cuja referência seja um estratagema pluralista para a educação científica. Tal orientação nos parece

ser, em princípio, a mais adequada e eficaz para tratar e enfrentar o espectro de variáveis de ensino-aprendizagem que possam vir a ocorrer no palco da sala de aula [...]

Neste trabalho, portanto, apresentamos uma proposta de utilizar o desenho como um instrumento que potencialize a detecção de dificuldades conceituais em circuitos elétricos ao mediar mudanças representacionais. A sequência didática elaborada para esta pesquisa conduz o aluno a fazer diversas mudanças de representação. Alternamos principalmente entre a representação real do experimento, desenho e esquema oficial de circuito elétrico. O desenho elaborado pelos alunos funciona ao mesmo tempo como provocador e mediador. Provocador porque traz à tona as dificuldades conceituais e incompreensões dos alunos e mediador porque serve de apoio para instruções e troca de informações entre o professor e o educando. Outras formas representacionais surgiram no decorrer da pesquisa tais como: a representação verbal (entrevistas), gestual, escrita (legendas dos desenhos), tais representações trazem subsídios para alcançar a compreensão dos dados.

Tendo em vista que existe um vínculo solidário entre entender certos conceitos físicos que estão envolvidos no estudo de circuitos elétricos e operacionalizar sua esquematização simbólica de maneira correta e consciente, de modo que o aprendiz seja capaz de traduzir de maneira inteligível o que se acha subjacente à codificação produzida; e, considerando que simplesmente lembrar códigos, regras e fórmulas não significa demonstrar domínio conceitual do conteúdo; então, conseguir que o aprendiz ultrapasse a simples memorização ou cópia involuntária desses códigos e operacionalização mecânica é o objetivo para o qual toda instrução sempre deve se orientar (LABURÚ *et al.*, 2009, p. 33).

Este estudo segue o caminho traçado por recentes pesquisas que indicam que a negociação do professor, mediando questões com os alunos, construídas com diferentes modos de representação, proporcionam apoio e enriquecimento da aprendizagem, permitindo simultaneamente uma expressiva compreensão conceitual dos alunos, e um reforço na introspecção do educando em seu modo de pensar. (TYTLER, PRAIN, PETERSON, 2007).

1.2 USO DA REPRESENTAÇÃO PICTÓRICA

Com o objetivo de trazer à tona os problemas conceituais e as dificuldades de aprendizagem, esta pesquisa propõe a utilização de uma representação pictórica mais próxima dos alunos. O desenho insere-se no contexto da pesquisa como 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 do tipo icônicos (GOUVEIA, 2007).

O ato de observar um circuito elétrico montado e funcionando e em seguida desenhá-lo em papel, explicando cada detalhe, por meio de legendas e setas, explicitando o que está ocorrendo com a corrente elétrica, as cargas, a chave interruptora, a bateria, envolve o aluno e se torna uma forma do mesmo se apropriar das primeiras noções da estrutura e lógica de funcionamento destes circuitos. Os desenhos são usados como meio para investigar os problemas conceituais, utilizando-se, também, de questões provocativas e de instruções dadas pelo professor aos alunos. Com isto, 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.

Inicialmente, é fundamental que muitas dificuldades conceituais se manifestem para serem discutidas e superadas com os aprendizes, ao invés de deixá-las, inconvenientemente, para serem tratadas junto à obrigatoriedade de uma prévia codificação abstrata. Posteriormente ao processo de investigação e instrução, tendo como mediador o uso do desenho, entra o uso da simbologia oficial própria para os esquemas elétricos. É a linguagem formal a responsável pelo afastamento do senso comum e por um esforço de memorização sem sentido, que costuma tornar a aprendizagem pouco produtiva. No entanto, se no segundo momento forem identificadas inconsistências no emprego da simbologia oficial ainda será possível resgatar as representações por desenhos e estabelecer um paralelismo com as formas convencionais, isto é, uma ação que vai auxiliar na construção dessa última etapa (GOUVEIA, 2007).

O desenho desempenha, portanto, a função de uma ponte que possibilita ao aluno fazer a mudança de representação do experimento real para a representação por meio de esquemas oficiais com uso de símbolos próprios. Com esses procedimentos, almejamos que os alunos alcancem um patamar de mudança da representação 3D para os esquemas que usam

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 que, enquanto não internalizadas, desmotivam o aluno, num primeiro contato sobre o assunto, de um entendimento mais significativo do que está sendo estudado. Ao mesmo tempo, seu uso torna-se um mecanismo de menor obstáculo para o surgimento de discussões de problemas e de incompreensões conceituais, que se mostram prejudicados e encobertos, se atrelados, de primeiro, às simbologias científicas (GOUVEIA, 2007).

Com o papel de representação intuitiva inicial, a representação por desenho é um instrumento de ensino que perscruta, com mais acuidade, o tipo de raciocínio que está sendo desenvolvido e construído, tornando-se uma alternativa adequada para indicar, rastrear e corrigir os problemas conceituais dos estudantes. Por último, a sua intermediação vem auxiliar, sem receios, a utilização dos símbolos convencionados, na medida em que estes já perdem o seu caráter intimidante de linguagem hermética, possibilitando agregar significados. O modo pictórico se coloca, portanto, como uma proposta para iniciar e acompanhar a instrução com a finalidade de abordar indiretamente a representação simbólica, tendo como preocupação o conteúdo associado a ela, por percepção bem mais mediada e substantiva do que quando se principia a instrução por códigos e regras (LABURÚ *et al.*, 2009, p. 32).

1.3 PESQUISAS ATUAIS ENVOLVENDO A REPRESENTAÇÃO PICTÓRICA

A pesquisa realizada por Pacca *et al.* (2003) contou com as informações obtidas por quatro professoras de física com seus alunos de nível médio. No total foram envolvidos cerca de 200 alunos. O instrumento utilizado para obter os dados nesta pesquisa constou, basicamente, de duas questões sobre o tema cujas respostas foram solicitadas em forma de desenho. De início, já se considerava que as respostas por meio dos desenhos dessem maior oportunidade de expressão para um conteúdo. Neste aspecto nossa pesquisa

assemelha-se a dela, pois o desenho também se insere como facilitador das mudanças representacionais.

A primeira atividade proposta pelas autoras foi: “*Desenhe um átomo, dispondo de lápis e canetas coloridas que desejar*” além da solicitação da representação de um ente físico, pretendia-se estimular as respostas de Física, criando um ambiente favorável e descontraído. Recolhido o material, ocorreu uma discussão livre com a classe, na qual os alunos puderam comentar suas respostas e compará-las com as dos colegas. Em seguida, convidaram os estudantes a observar um experimento que consistiu de *uma pilha ligada por dois fios condutores, fazendo acender uma lâmpada*, e a dar explicações para o fenômeno.

O objetivo desse tratamento com a classe, entre a apresentação das duas questões, não foi registrar dados, mas criar um contexto em que átomos, cargas e correntes elétricas estivessem presentes. Esperava-se que com essas atividades fosse construído um contexto de pensamento e de explicação de um fenômeno elétrico, preparando a resposta à segunda questão (PACCA *et al.*, 2003, p. 155).

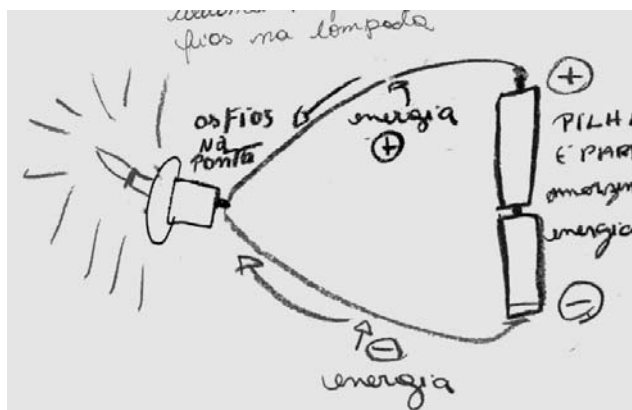
No que se refere a nossa pesquisa é relevante ressaltar os resultados obtidos por PACCA sobre a segunda pergunta que consistiu de: “*Desenhe a corrente elétrica num trecho dos fios do experimento apresentado*”, que procurava chamar a atenção para os elementos condutores da corrente elétrica e a sua estrutura. Os indivíduos sentiram-se sempre capazes de dar alguma resposta e logo partiram para os desenhos. Algumas delas contêm texto completando a resposta e a explicação dos desenhos. O texto escrito também foi utilizado como fonte de informação para obtenção dos dados.

Os textos escritos serviram para mostrar as dificuldades dos indivíduos em conceber a estrutura dos materiais condutores (filamento, fios, elementos da pilha) e também para compreender o interior da pilha capaz de alimentar o circuito. A interpretação dos desenhos explicitou esta dificuldade e acrescentou informação sobre a circulação da corrente elétrica. Os desenhos mostraram-se férteis em caracterizar a concepção dos alunos nesse nível de ensino. O detalhe com que foram apresentados permitiu inferir um modelo para explicar o fenômeno apresentado concretamente.

Neste ponto, nossa pesquisa difere da de Pacca *et al* (2003), pois não buscamos usar o desenho para caracterizar a concepções prévias dos alunos, mas sim usá-lo para trazer à tona suas dificuldades conceituais e simultaneamente instruí-los dentro do conhecimento científico específico de circuitos elétricos com o objetivo de solucionar estas incompreensões e instrumentalizá-los para ser capazes de resolverem situações ligadas aos

esquemas oficiais com seus símbolos próprios. A título de exemplificação mostramos na figura 01 uma representação pictórica obtida por Pacca em sua pesquisa:

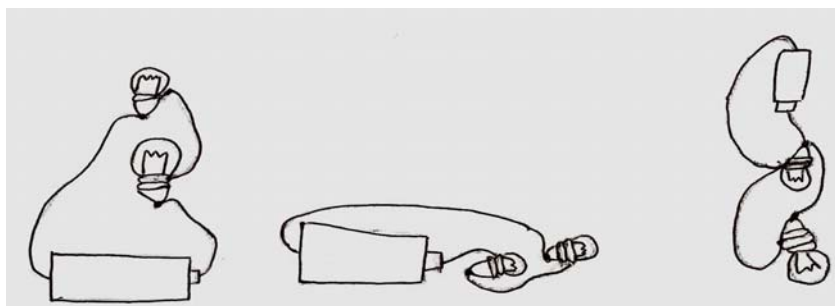
Figura 1 –K Representação pictórica de um circuito elétrico (PACCA *et al.*, 2003, p. 162).



Ao analisar o desenho, verificamos a concepção alternativa de que a luz é proveniente do encontro de uma espécie de energia 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.

Na vertente das múltiplas representações semióticas, encontramos o trabalho de Prain e Waldrup (2006) que 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 dos alunos sobre as diferentes representações relativas aos conceitos de circuitos elétricos. Inicialmente, o professor ensinou como conectar uma lâmpada a uma bateria, em seguida mostrou as representações dessas ligações por meio dos diagramas elétricos. Conforme se desenrolava a sequência, foi pedido aos alunos que construíssem circuitos simples em série e em paralelo. Constantemente era solicitado aos discentes o desenho do circuito elétrico, e o registro no livro de exercícios ou folhas complementares, os quais estavam utilizando nas aulas. Na Figura 02, alguns desenhos apresentados na pesquisa:

Figura 1 –Desenhos em série e paralelo obtido por Prain e Waldrup (2006)



Os pesquisadores, no tocante aos termos representacionais trabalhados com circuitos elétricos, iniciaram as suas atividades com os alunos explanando o assunto, em seguida, trabalharam com modelos e experimentos, e por fim 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 podiam promover apenas aquisição de habilidades importantes, e estas, por si só, não significavam aprendizado dos conceitos. É o caso de alunos que construíram com sucesso circuitos elétricos, porém falharam na explicação verbal dos conceitos.

Durante as entrevistas realizadas por Prain e Waldrup, alguns alunos tiveram dificuldades de construir um circuito simples quando os materiais usados possuíam diferenças superficiais daqueles utilizados em sala de aula. Tais mudanças pareciam 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.

Como pesquisa recente e inspiradora do nosso estudo, podemos, também, citar a pesquisa desenvolvida por Gouveia (2007), que empregou o método semelhante 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 enquanto que em Gouveia (op.cit.) buscava identificar a potencialidade didática dos desenhos em incitar a explicitação das dificuldades de compreensão dos alunos.

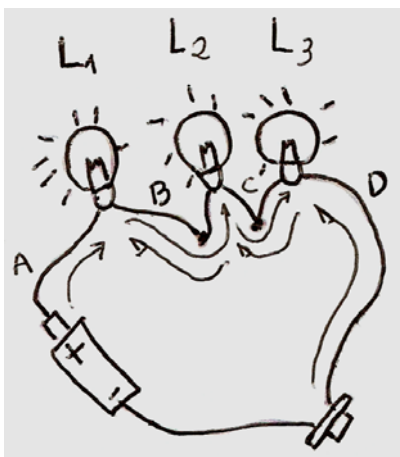
Gouveia (2007) optou por obter os dados por meio de material escrito dos sujeitos em atividades instrucionais, complementados por entrevistas semi-estruturadas, pelo fato de as formas de expressões utilizadas pelos investigados: verbal, simbólica ou pictoricamente refletirem de modo coerente as suas representações cognitivas internas.

Neste aspecto nossa pesquisa assemelha-se à de Gouveia. A cada mudança representacional foi associada uma entrevista semi-estruturada que teve como objetivo investigar de forma mais aprofundada o pensamento do aluno permitindo a ele explicar suas ideias. Desta forma, procuramos elucidar as dificuldades de entendimento apresentadas pelo aluno, oportunizando um momento de instrução e esclarecimento de dúvidas.

Para explicitar essas dificuldades Gouveia (2007) propôs 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 sequência didática ser tradicionalmente empregada no estudo dos circuitos elétricos na escola.

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. Na segunda atividade, o pesquisador propôs aos alunos a representação, por meio de desenhos, de um circuito elétrico com três lâmpadas idênticas formando um circuito em série, como pode ser observado na figura 03. O objetivo desta atividade consistiu em verificar possíveis dificuldades quanto às características de uma associação em série.

Figura 3 – Desenho de um circuito em série obtido por Gouveia (2007).



Na terceira atividade, foi solicitado aos alunos que representassem, por meio de 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 foi de verificar como o aluno estava relacionando o tipo de associação com a sua disposição geométrica e aplicar os conceitos estudados em contextos diferentes. Na quarta atividade, os alunos receberam um circuito composto de quatro lâmpadas associadas em paralelo duas a duas, 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.

Todos os trabalhos citados utilizaram os desenhos como elementos de pesquisa, pois tinham como preocupação verificar como se dava a aprendizagem quando os alunos se empenhavam na criação de suas próprias representações. Escolhemos este caminho já trilhado por estes pesquisadores, pois além de utilizar o desenho como uma ponte para a aprendizagem em circuito elétrico, avançamos no sentido de que ele sirva, também, como referência icônica para que o aluno domine a construção de esquemas. Como dissemos, Gouveia (2007) tinha como objetivo em sua pesquisa, 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. Nosso objetivo, por sua vez, é que o aluno, depois de ter seus problemas conceituais detectados e, simultaneamente, receber instruções sobre o assunto durante a mudança representacional alcance o entendimento dos esquemas elétricos com uso dos símbolos oficiais próprios, tornado-se capacitado a reconhecê-los e representá-los corretamente.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 NATUREZA DA PESQUISA

A metodologia de pesquisa utilizada neste estudo pode ser classificada como de natureza qualitativa. Isso, conforme Bogdan e Biklen (1994, p. 72-74), por não envolver uma das características comuns de uma abordagem quantitativa que é a realização de algum tratamento estatístico para análise dos dados.

Para elucidar de forma mais detalhada o tipo de pesquisa escolhida, relacionamos abaixo as cinco características atribuídas por Bogdan e Biklen (1994, p. 47-51) para a pesquisa qualitativa:

- 1) Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal.
- 2) A investigação qualitativa é descritiva e os dados são recolhidos em forma de palavras ou imagens, incluindo-se transcrições de entrevistas e vídeos. Em nossa pesquisa os dados coletados foram constituídos por desenhos, fotos e pelas respostas dos estudantes a uma entrevista gravada por meio de um aparelho MP3.
- 3) O investigador interessa-se mais pelo processo do que simplesmente pelo resultado ou produto. Este tipo de estudo foca-se no modo como as definições se formam. Para essa investigação, interessar-se mais pelo processo significou compreender como os estudantes realizaram algumas mudanças representacionais, quais dificuldades de entendimento surgiram deste processo e em que medida o desenho, dentro da sequência didática, atuou como facilitador no processo de aprendizagem do aluno.
- 4) Os dados são analisados de forma indutiva. Desta forma, não se recolhem dados ou provas com o objetivo de confirmar ou infirmar hipóteses construídas previamente. Ao invés disso, as abstrações são construídas à medida que os dados particulares recolhidos forem se agrupando. Esta pesquisa não levantou qualquer hipótese para ser testada, nossa pretensão era conhecer as possibilidades de avanço dos estudantes no conhecimento de circuitos elétricos empregando uma sequência didática baseada em multimodos de representações.

- 5) O significado é de importância vital e há interesse em saber como os diferentes sujeitos interagem. Esta característica considera que o pesquisador se preocupa com aquilo que se designa perspectiva participante que, dentro na nossa interpretação, significa que os alunos são diferenciados em diversos aspectos por suas histórias de vida e isso pode influenciar o desenvolvimento do conhecimento de forma individual.

2.2 CONTEXTO INVESTIGADO

A pesquisa foi desenvolvida em ambiente escolar e participaram do estudo o professor-pesquisador e alguns alunos voluntários da 3ª série do período noturno e matutino de um Colégio de Cambé, Paraná, ao longo do segundo semestre do ano de 2009.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram criados dois grupos: o primeiro grupo foi formado com três alunos do período matutino e o segundo grupo foi formado com cinco alunos do período noturno. Os alunos do período matutino (grupo A) se dispuseram a ir ao colégio à noite e realizaram as etapas relativas a esta pesquisa em dois dias com intervalo de uma semana. Cada encontro teve a duração de aproximadamente 2 horas. Todos os estudantes do grupo A eram do sexo masculino com faixa etária entre dezessete e dezoito anos.

Para os alunos do período noturno, foi estabelecido um acordo com a supervisão do colégio para que eles participassem das atividades referentes a esta etapa da pesquisa no seu próprio período de estudo. Os alunos do grupo B realizaram as etapas aqui propostas em dois dias distintos, também com uma semana de intervalo e com duração de aproximadamente 1h30min cada encontro. O grupo B foi formado por dois indivíduos do sexo masculino e três do sexo feminino com a mesma faixa etária do primeiro grupo.

2.3 ETAPAS DA ESTRATÉGIA DIDÁTICA PROPOSTA AOS ALUNOS

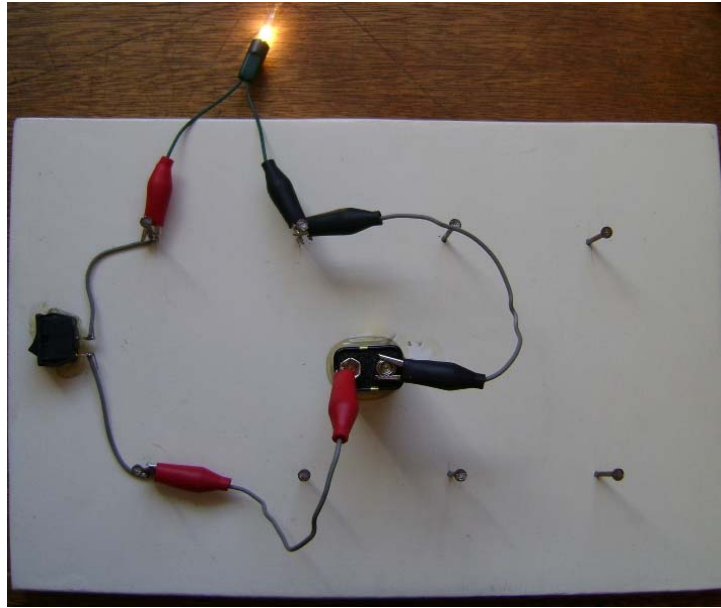
O desenvolvimento da pesquisa ocorreu no laboratório de física do colégio e os dados foram obtidos por meio da aplicação de uma estratégia didática envolvendo as seguintes etapas:

- a) Etapa 1 – Durante todo o primeiro semestre de 2009, o pesquisador atuou como professor de todas as turmas de terceira série do ensino médio. Seguindo o currículo básico para esta série, o professor deu instruções em sala de aula sobre as noções básicas

sobre carga elétrica, formas de eletrização (por atrito, contato e indução), força elétrica e a Lei de Coulomb, corrente elétrica contínua e alternada, diferença de potencial, voltagem ou tensão em circuitos elétricos, resistência elétrica, primeira e segunda Lei de Ohm, associação de resistências em série e em paralelo juntamente com o esquema de circuito elétrico correspondente a cada associação. Os alunos receberam, também, noções essenciais do funcionamento do multímetro e como fazer medidas de voltagem, corrente elétrica e resistência elétrica utilizando este equipamento. No final do semestre, o professor divulgou o tema da sua pesquisa de mestrado em suas salas de aula. Três alunos do período matutino (grupo A) e cinco do período noturno (grupo B) foram voluntários para que a sequência didática, proposta aqui, fosse desenvolvida no laboratório do colégio. Esta etapa está descrita aqui apenas para indicar que os alunos envolvidos na pesquisa já tinham passado por um semestre de instruções sobre as noções básicas de eletricidade em circuitos elétricos e por este motivo subentende-se que estavam aptos a realizar as próximas etapas.

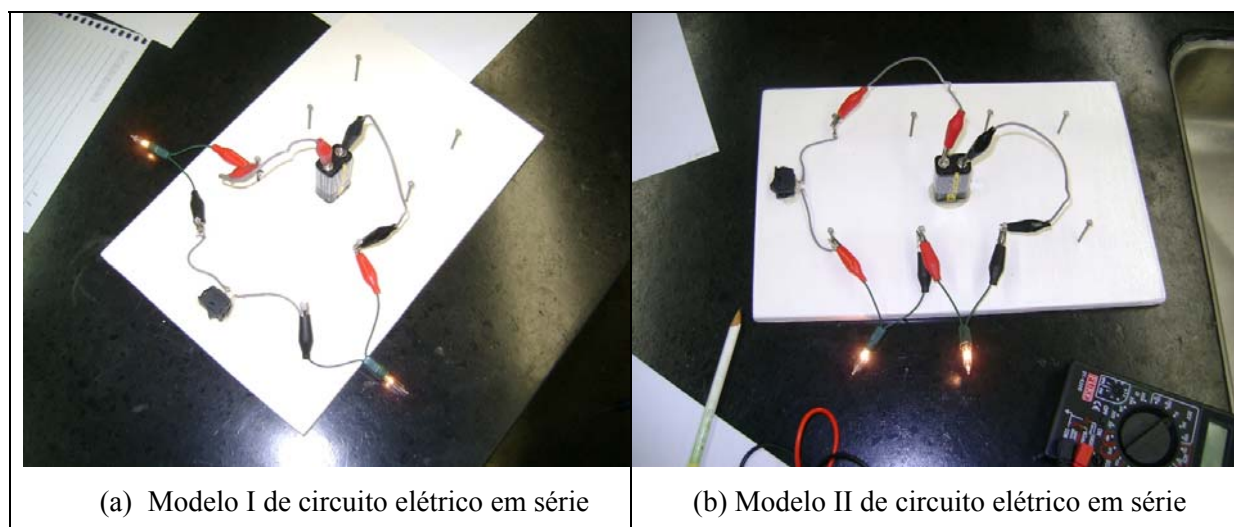
b) Etapa 2 – No laboratório de física do Colégio, já no período de pesquisa descrito no item 2.2, propusemos aos alunos dos grupos A e B que observassem uma montagem preestabelecida pelo professor de um **circuito elétrico simples** (figura 04) contendo ligações entre uma bateria 9V uma lâmpada de pisca-pisca de árvore de natal e uma chave interruptora construída sobre a plataforma de madeira de cor branca com 20 cm de largura por 30 cm de comprimento contendo 8 pregos (12x12) fixados em forma de retângulo (contatos) que, a partir de agora, chamaremos apenas de base. Diante desta representação 3D do experimento real, os alunos foram convidados a ligar a chave interruptora observando que em uma posição a lâmpada acende e em outra não, o professor solicitou aos alunos que fizessem dois desenhos representando o circuito elétrico e seus elementos, explicando por meio de setas e indicações escritas o que ocorre com a corrente elétrica no interior do fio quando a chave interruptora está na posição ligada e na posição desligada. O objetivo desta primeira atividade foi verificar as dificuldades de entendimento relacionadas com a estrutura dos circuitos elétricos, tais como: a função da chave interruptora, a necessidade do circuito ser fechado para acender a lâmpada, o que significam os polos negativo e positivo da bateria, além de mostrar as concepções prévias dos alunos sobre a corrente elétrica. Este material foi recolhido pelo pesquisador para análise. Seguiu-se a esta etapa uma entrevista semi-estruturada com o objetivo de reconhecer dificuldades conceituais ligadas às noções de corrente elétrica.

Figura 4 – Circuito elétrico simples fornecido pelo professor



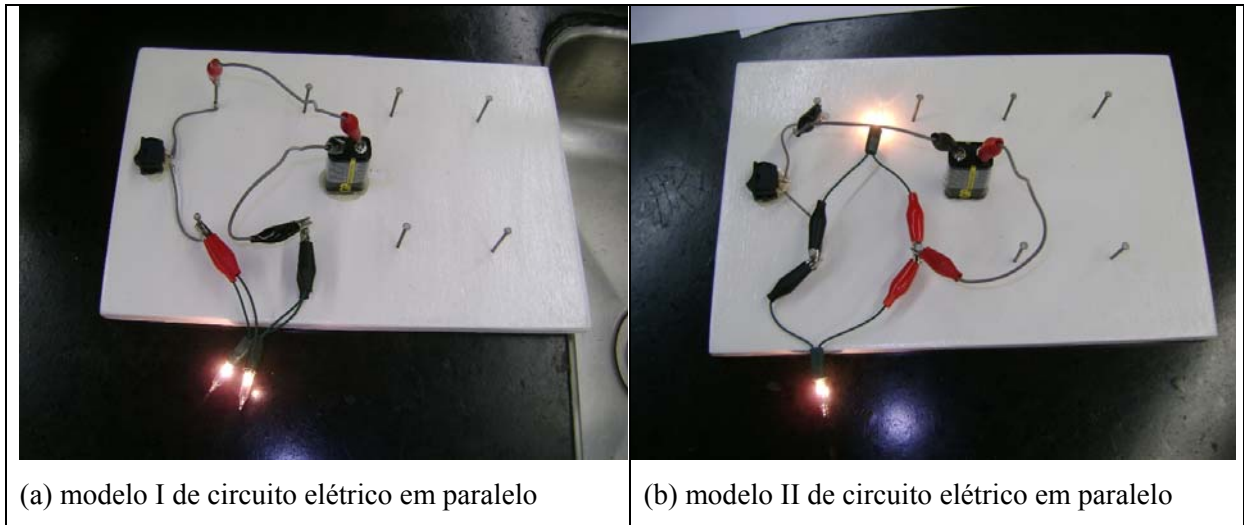
c) Etapa 3 – Tendo em mãos uma representação 3D de um circuito elétrico real contendo uma bateria 9V, duas resistências (lâmpadas de pisca-pisca de árvore de natal) **ligadas em série** (figura 05) e uma chave interruptora, foi solicitado aos alunos que ligassem a chave interruptora observando que em uma posição as lâmpadas acendiam e em outra não. O professor, então, pediu aos alunos que fizessem um desenho, representando o circuito e seus elementos, explicando por meio de setas e indicações escritas o que ocorre com a corrente elétrica no interior do fio quando a chave interruptora está na posição ligada. O objetivo desta etapa foi verificar problemas conceituais e dificuldades de entendimento relacionadas com a estrutura dos circuitos elétricos, tais como: de que forma a corrente elétrica se altera ao ligarmos duas lâmpadas em série, comparando-se ao sistema simples, o que ocorre com a voltagem nos terminais das lâmpadas e, também, observar se o aluno reconhece um circuito em série e suas características. Este material foi recolhido pelo pesquisador para análise e na sequência os alunos foram entrevistados com o mesmo objetivo da etapa anterior, tendo como foco agora a ligação em série.

Figura 5 – Circuitos elétricos em série fornecidos pelo professor



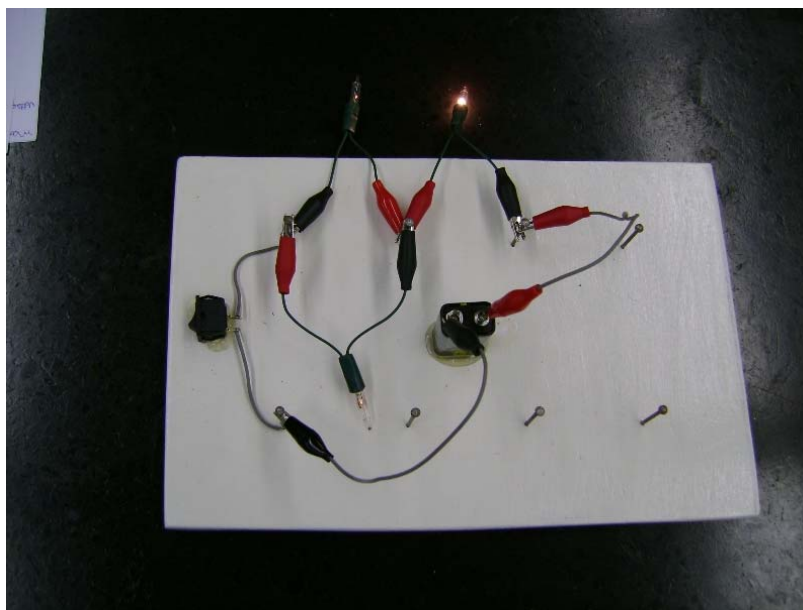
d) Etapa 4 – Novamente ao receber em mãos uma representação 3D de um circuito elétrico real, contendo uma bateria 9V, duas resistências (lâmpadas de pisca-pisca de árvore de natal) **ligadas em paralelo** (figura 06) e uma chave interruptora, foi solicitado aos alunos que ligassem a chave interruptora observando que em uma posição as lâmpadas acendiam e em outra não. Em seguida, o professor solicitou que fizessem um desenho representando o circuito e seus elementos, explicando por meio de setas e indicações escritas o que ocorre com a corrente elétrica no interior do fio, quando a chave interruptora está na posição ligada. O objetivo desta etapa foi verificar problemas conceituais e dificuldades de entendimento relacionadas com a estrutura dos circuitos elétricos, tais como: de que forma a corrente elétrica se altera ao ligarmos duas lâmpadas em paralelo, comparando-se ao sistema simples e em série; o que ocorre com a voltagem nos terminais das lâmpadas e, também, observar se o aluno reconhece um circuito em paralelo e suas características. Este material foi recolhido pelo pesquisador para análise e, novamente, uma entrevista foi realizada para diagnosticar problemas conceituais.

Figura 6 – Circuitos elétricos em paralelo fornecidos pelo professor



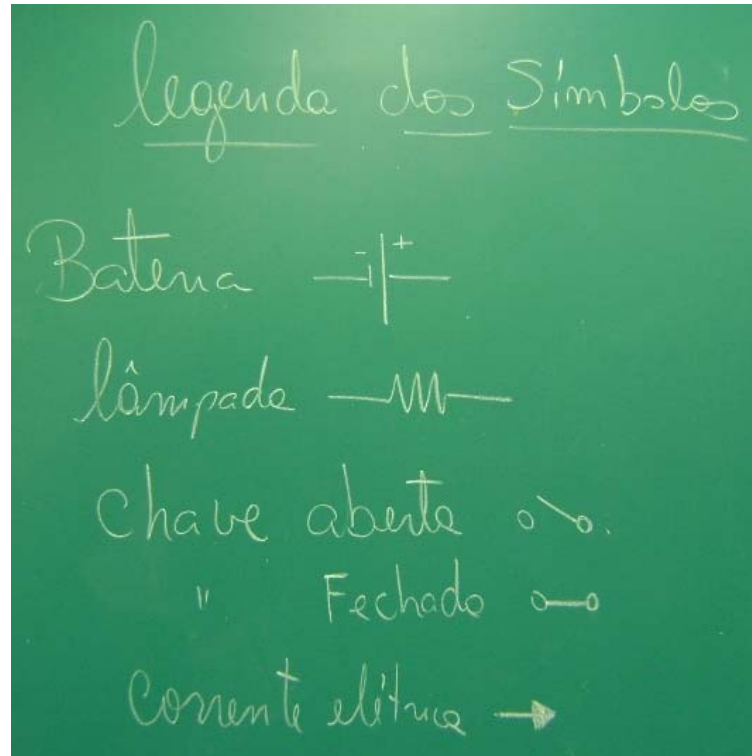
e) Etapa 5 – Tendo em mãos um circuito elétrico real 3D contendo uma bateria 9V, três resistências (lâmpadas de pisca-pisca de árvore de natal) **ligadas de forma mista** (figura 07), duas lâmpadas em paralelo em conjunto com uma lâmpada em série formando um sistema misto e uma chave interruptora, o professor solicitou, então, aos alunos que fizessem um desenho, representando o circuito e seus elementos, explicando por meio de setas e indicações escritas o que ocorre com a corrente elétrica no interior do fio quando a chave interruptora está na posição ligada. O objetivo desta etapa foi verificar problemas conceituais e dificuldades de entendimento relacionadas com a estrutura dos circuitos elétricos mistos, tais como: de que forma a corrente elétrica se altera ao ligarmos três lâmpadas de forma mista, comparando-se ao sistema simples, em série e em paralelo; o que ocorre com a voltagem nos terminais das lâmpadas e, também, observar se o aluno reconhece um circuito misto e suas características. Este material foi recolhido pelo pesquisador para análise e na sequência foi realizada uma entrevista.

Figura 7 – Circuito elétrico misto fornecido pelo professor



f) Etapa 6 – Após uma detalhada revisão dos elementos que constituem os circuitos elétricos, o professor deu instruções sobre os símbolos próprios utilizados em circuitos elétricos oficiais para representar cada elemento do circuito, montando, assim uma legenda (figura 08) contendo o nome do componente, sua imagem e função dentro do circuito elétrico. Na sequência, utilizando esta legenda, o professor solicitou aos alunos que, diante do mesmo circuito elétrico real 3D, apresentado nas etapas 3, 4 e 5, elaborassem uma representação esquemática do mesmo fazendo uso dos símbolos próprios de cada componente do circuito. O objetivo desta etapa foi verificar a apropriação, por parte dos alunos, do uso dos símbolos oficiais e se eles conseguiam utilizá-los corretamente dentro da estrutura dos circuitos em série, paralelo e misto.

Figura 8 – Legenda dos símbolos para construção dos esquemas elétricos

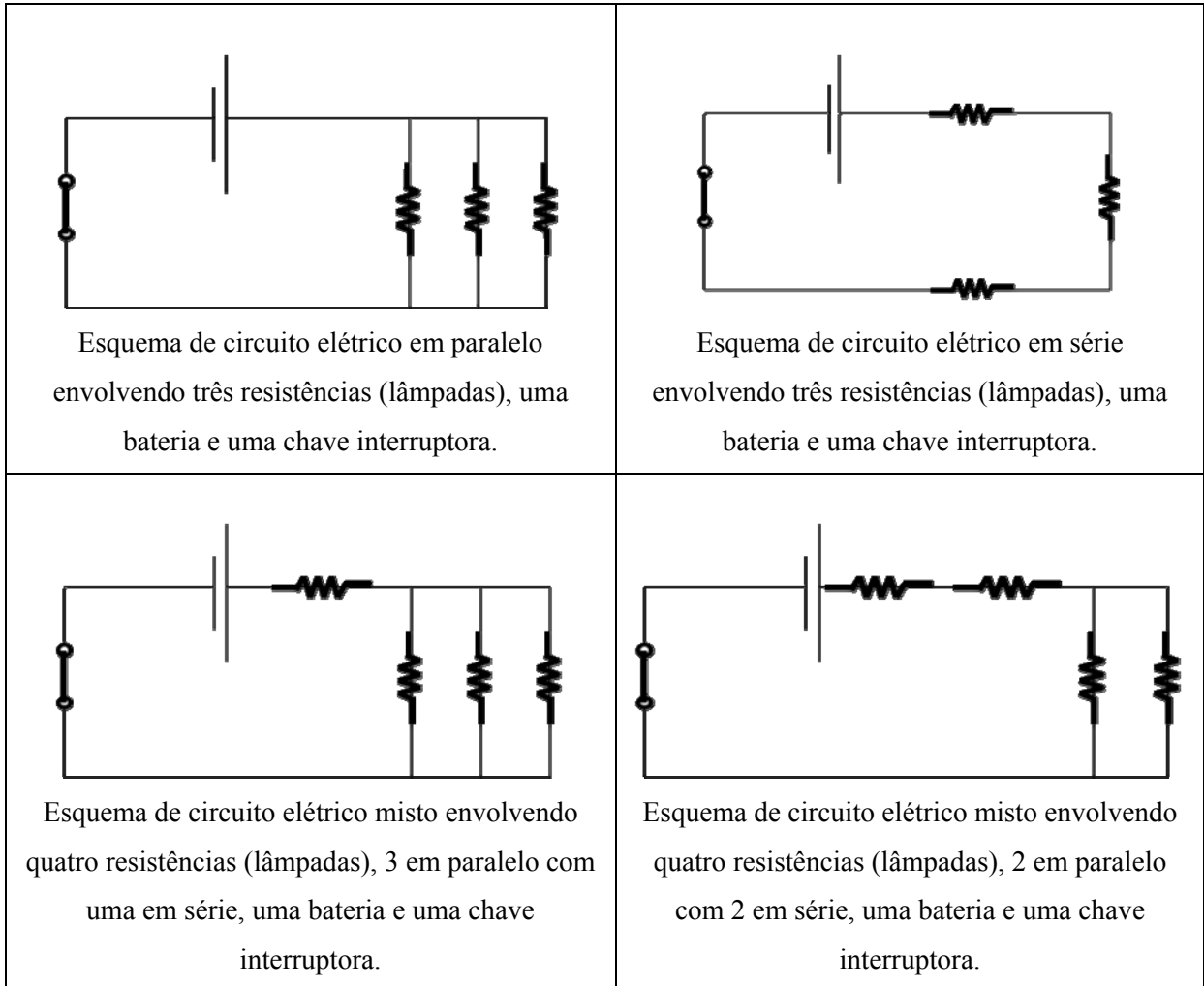


g) Etapa 7 – Nesta etapa, o foco da pesquisa foi direcionado para as possíveis dificuldades de entendimento encontradas pelos alunos ao mudar da representação esquemática oficial em papel para a representação 3D. Para isto, o pesquisador forneceu esquemas elétricos representando: 1) uma bateria 9V, duas resistências em série e uma chave interruptora (sistema em série); 2) uma bateria 9V, duas resistências em paralelo e uma chave interruptora (sistema em paralelo); 3) uma bateria 9V, três resistências sendo duas em paralelo em conjunto com outra em série (sistema misto). Estando o aluno de posse destas representações esquemáticas, o professor solicitou aos mesmos a montagem sobre a base de madeira do circuito elétrico real, um de cada vez, seguindo sempre o esquema elétrico apresentado e utilizando os equipamentos e componentes do circuito elétrico que eles já conheciam das etapas anteriores.

h) Etapa 8 – Após a montagem dos circuitos elétricos acima citados, o pesquisador propôs que os alunos fizessem montagens novas (figura 09) para verificar o grau de domínio dos mesmos nas questões ligadas a circuitos elétricos. Foram fornecidos aos alunos esquemas elétricos com três ou quatro resistências com configurações distintas e mais complexas que as anteriores e pediu-lhes que montassem sobre uma base de madeira. Ao

término de cada montagem os circuitos elétricos foram fotografados e analisados. Observamos também o tempo necessário para que estas montagens fossem realizadas.

Figura 9 – Esquemas de circuitos elétricos finais propostos pelo professor



No quadro 01 a seguir estabelecemos a seqüência sistematizada das etapas para melhor visualização da estratégia didática.

Quadro 1 – Visualização Sistematizada da Estratégia Didática

Etapa	Objetivo	Desenvolvimento
01	Instruções básicas sobre eletromagnetismo envolvendo os conteúdos curriculares de carga elétrica, corrente elétrica, DDP (diferença de potencial), voltagem, tensão, circuitos elétricos em série, paralelo e misto.	Ocorreu no primeiro semestre do ano letivo com todos os alunos em suas respectivas salas de aula.
02	Investigar as dificuldades de entendimento e problemas conceituais relacionados com a estrutura dos circuitos elétricos, tais como: a função da chave interruptora, a necessidade do circuito ser fechado para acender a lâmpada, o que significam os polos negativo e positivo da bateria, além de mostrar as concepções prévias dos alunos sobre a corrente elétrica	Diante da representação 3D do experimento, os alunos foram convidados a ligar a chave interruptora observando que em uma posição a lâmpada acende e em outra não, o professor solicitou aos alunos que fizessem dois desenhos representando o circuito elétrico e seus elementos, explicando por meio de setas e indicações escritas o que ocorre com a corrente elétrica no interior do fio quando a chave interruptora está na posição ligada e na posição desligada.
03	Investigar as dificuldades de entendimento relacionadas com a estrutura dos circuitos elétricos, tais como: de que forma a corrente elétrica se altera ao ligarmos uma ou duas lâmpadas, o que ocorre com a voltagem nos terminais das lâmpadas, observar se o aluno reconhece um circuito em série e entende suas características.	Diante de um circuito em série previamente montado pelo professor, os alunos fizeram um desenho, representando o circuito e seus elementos, explicando por meio de setas e indicações escritas o que ocorre com a corrente elétrica no interior do fio quando a chave interruptora está na posição ligada
04	Investigar as dificuldades de entendimento relacionadas com a estrutura dos circuitos elétricos, tais como: de que forma a corrente elétrica se altera ao ligarmos duas lâmpadas em paralelo, comparando-se ao sistema simples e em série; o que ocorre com a voltagem nos terminais das lâmpadas; observar se o aluno reconhece um circuito em paralelo e entende suas características.	Diante de um circuito em série previamente montado pelo professor foi solicitado que os alunos fizessem um desenho representando o circuito e seus elementos, explicando por meio de setas e indicações escritas o que ocorre com a corrente elétrica no interior do fio, quando a chave interruptora está na posição ligada.
05	O objetivo desta etapa foi Investigar as dificuldades de entendimento relacionadas com	Diante de um circuito misto previamente montado pelo professor foi solicitado aos alunos que

	<p>a estrutura dos circuitos elétricos mistos, tais como: de que forma a corrente elétrica se altera ao ligarmos três lâmpadas de forma mista, comparando-se ao sistema simples, em série e em paralelo; o que ocorre com a voltagem nos terminais das lâmpadas; observar se o aluno reconhece um circuito misto e suas características.</p>	<p>fizessem um desenho, representando o circuito e seus elementos, explicando por meio de setas e indicações escritas o que ocorre com a corrente elétrica no interior do fio quando a chave interruptora está na posição ligada.</p>
06	<p>Investigar a apropriação por parte dos alunos do uso dos símbolos oficiais e se eles conseguiriam utilizá-los corretamente dentro da estrutura dos circuitos em série, paralelo e misto</p>	<p>Diante dos circuitos em série, em paralelo e misto previamente montado pelo professor foi solicitado aos alunos que fizessem o esquema correspondente a cada uma deles.</p>
07	<p>Investigar as possíveis dificuldades de entendimento encontradas pelos alunos ao mudar da representação esquemática oficial em papel para a representação 3D.</p>	<p>Tendo em mãos representações esquemáticas de circuito série, paralelo e misto, foi solicitado aos alunos a montagem sobre a base de madeira do circuito elétrico 3D, um de cada vez, seguindo sempre o esquema elétrico apresentado.</p>
08	<p>Investigar o grau de domínio dos alunos nas questões ligadas a circuitos elétricos com características um pouco mais complexas que os trabalhados nas primeiras etapas.</p>	<p>Foram fornecidos aos alunos esquemas elétricos com três ou quatro resistências com configurações distintas e mais complexas que as anteriores e foi solicitado que os montassem sobre uma base de madeira.</p>

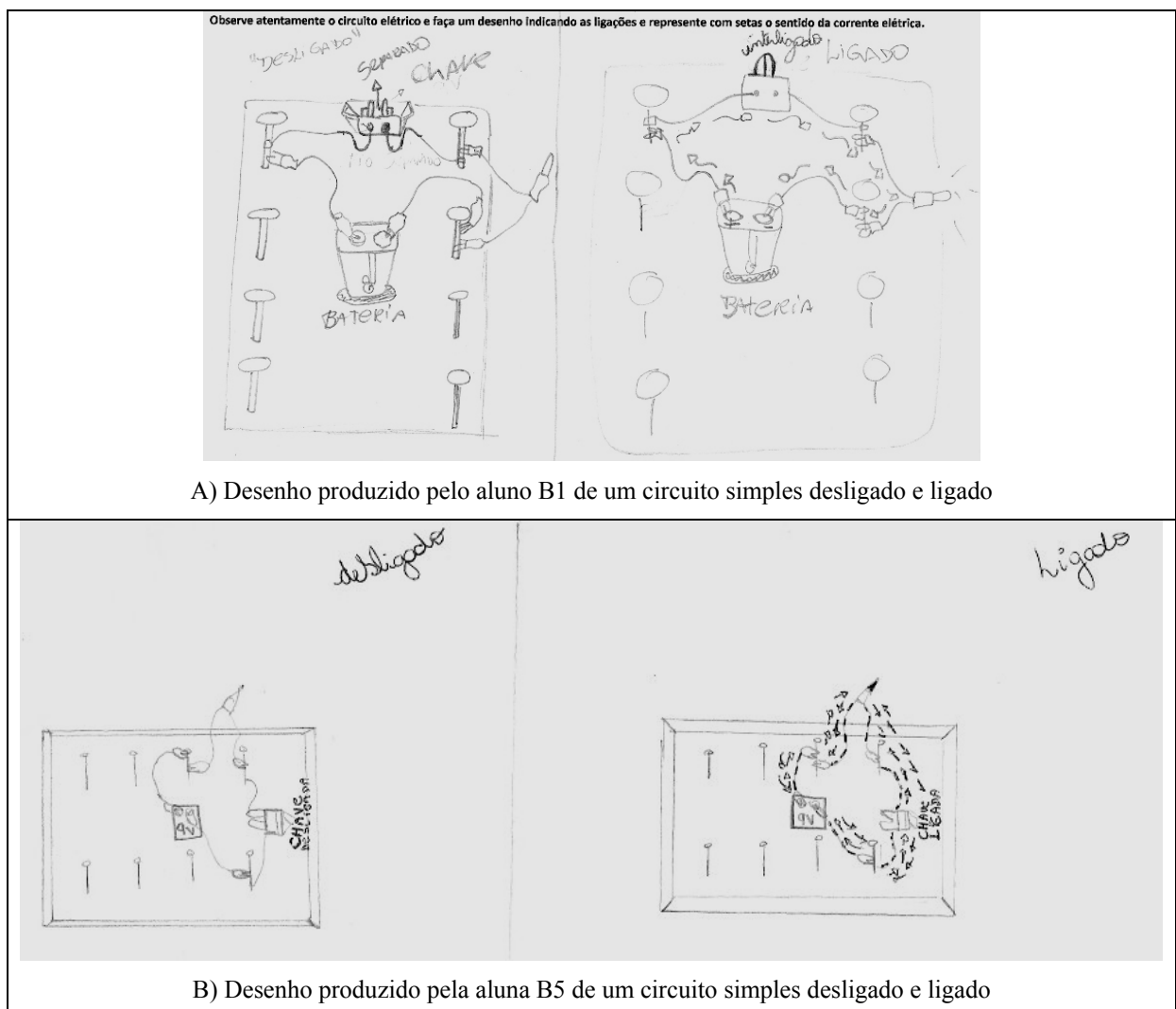
3 ANÁLISE DOS DADOS

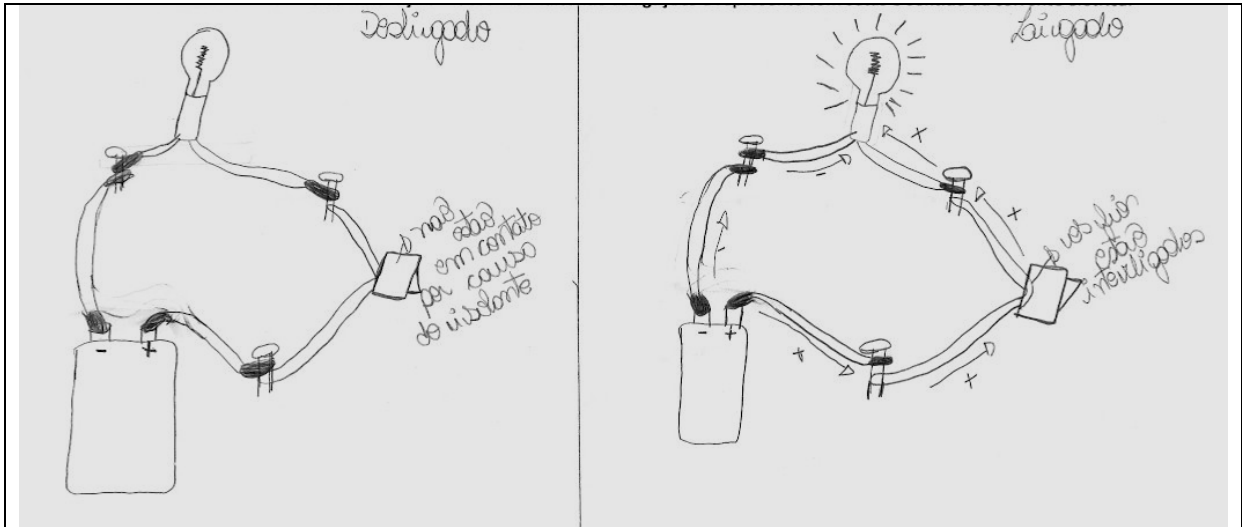
3.1 ETAPA 2

Foi requisitado aos alunos do grupo A e B, cada qual em seu horário conforme descrito no item 2.2, que elaborassem uma representação na forma de desenho de um circuito elétrico simples capaz de acender uma lâmpada, baseado na observação de um circuito elétrico real 3D, previamente montado pelo professor (descrito no item 2.1 item b). Além de mostrar todas as ligações, os alunos deveriam representar por meio de setas o sentido da corrente elétrica.

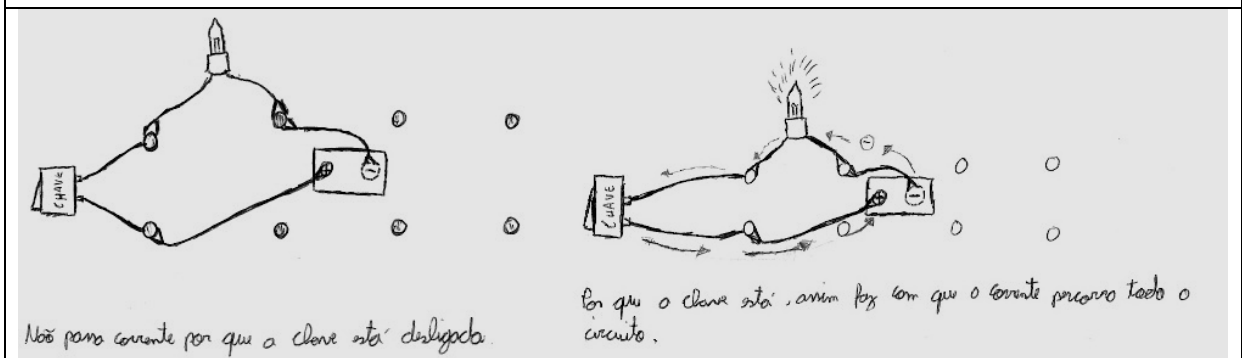
A seguir apresentamos os desenhos produzidos pelos alunos ao observarem um circuito simples que apresentam resultados bem semelhantes aos já citados:

Figura 10 – Desenhos produzidos pelos alunos observando um circuito simples

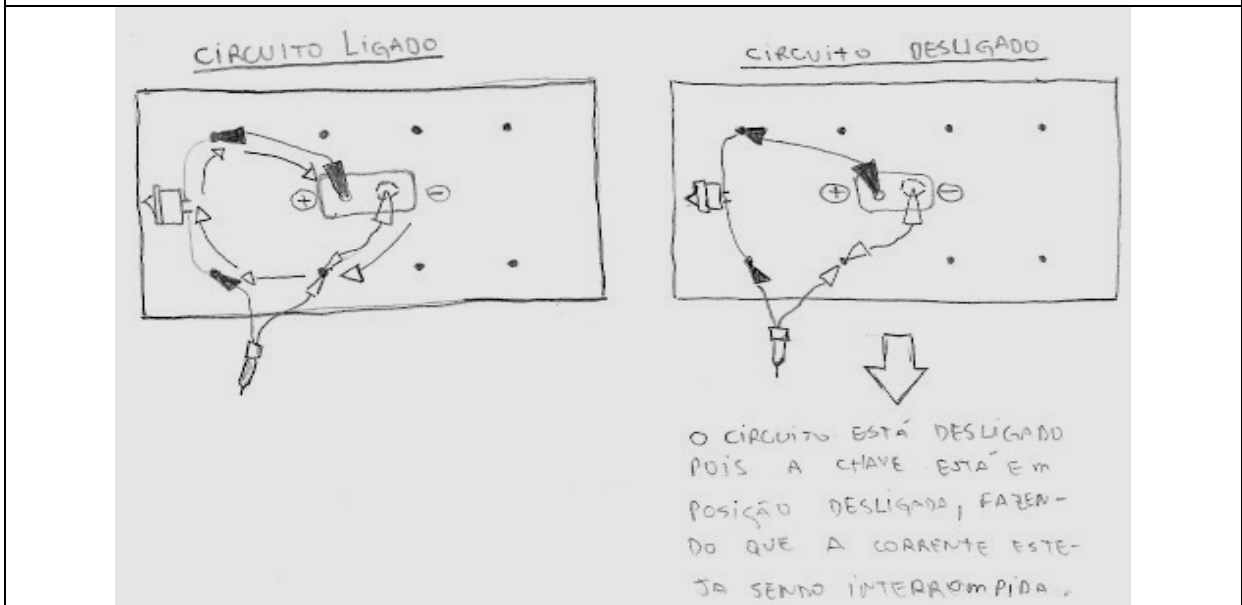




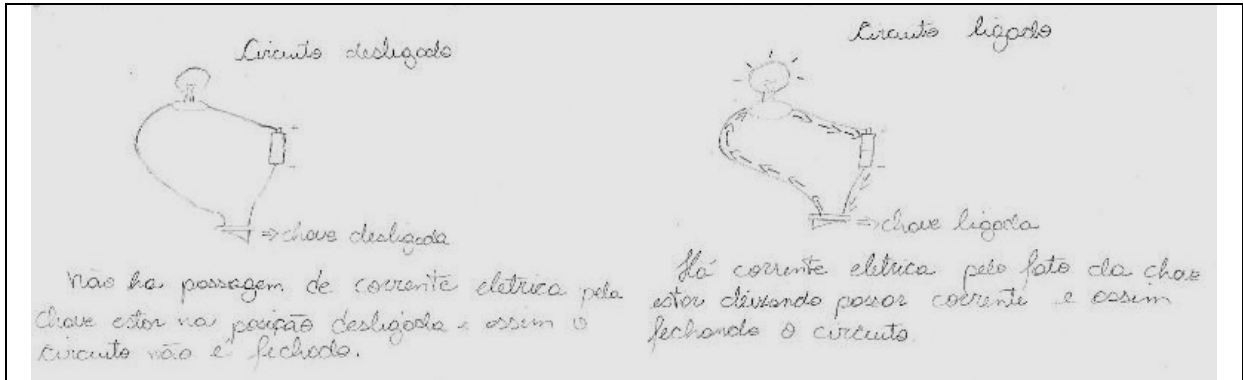
C) Desenho produzido pela aluna B4 de um circuito simples desligado e ligado



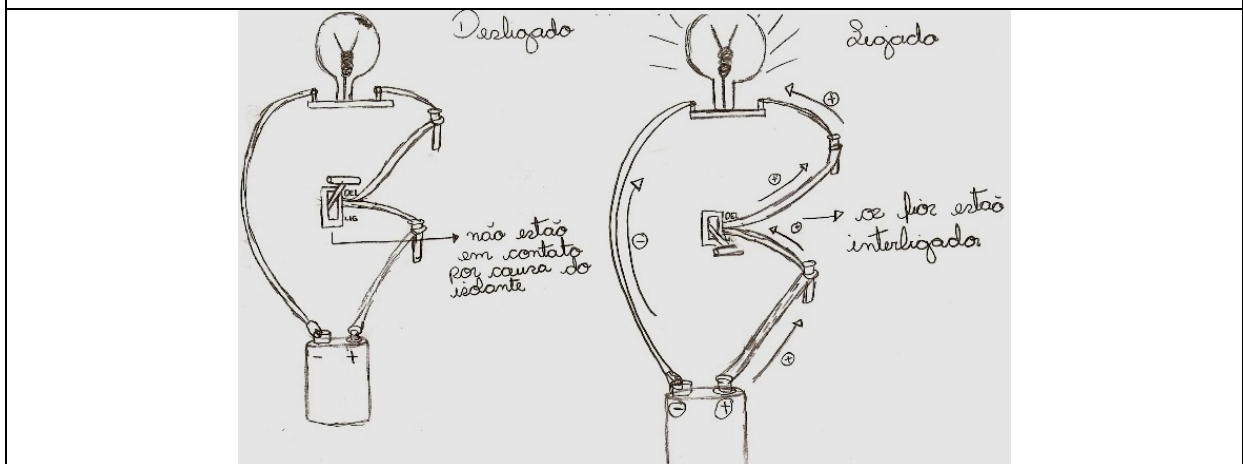
D) Desenho produzido pelo aluno A1 de um circuito simples desligado e ligado



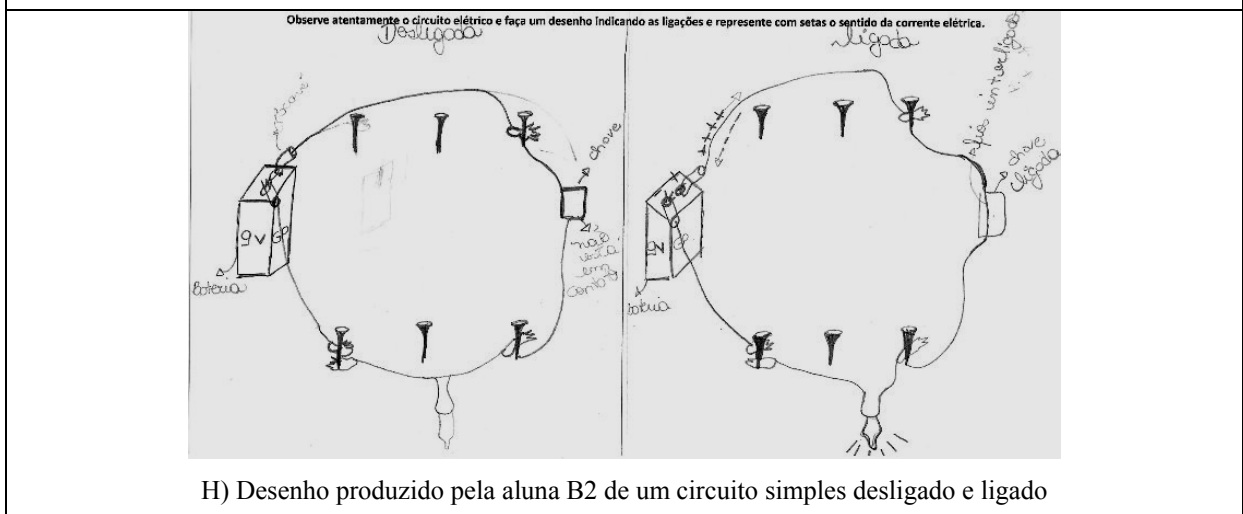
E) Desenho produzido pelo aluno A2 de um circuito simples ligado e desligado



F) Desenho produzido pelo aluno A3 de um circuito simples desligado e ligado



G) Desenho produzido pelo aluno B3 de um circuito simples desligado e ligado



H) Desenho produzido pela aluna B2 de um circuito simples desligado e ligado

B1 (figura 10A), A1 (figura 10D), A2 (figura 10E), e A3 (figura 10F), produziram desenhos coerentes com o circuito elétrico real, os polos positivo e negativo da bateria estão representados corretamente e as setas indicando a corrente elétrica só aparecem no circuito ligado e têm apenas um sentido. B5 (figura 10B) faz um desenho com setas nos dois sentidos, o que indica que para ela não existe um sentido privilegiado para a corrente

elétrica. B4 (figura 10C) e B3 (figura 10G) demonstram em seus desenhos que a luz é produzida pelo choque de partículas positivas com as negativas, indicando que na visão deles o comportamento da corrente é compatível com a ideia do “modelo de colisão de corrente” presente na literatura e já verificado nos trabalhos de Shipstone (1984).

A seguir analisaremos as entrevistas do grupo A.

Trecho da entrevista de A1 sobre circuitos elétricos simples.

PROFESSOR - Ok, A1! Vamos ver o seu desenho. Você fez um desenho bem detalhado, utilizando até os suportes. No seu desenho nós temos uma seta saindo do negativo e indo para o polo positivo, este é o movimento de qual partícula?

A1 – Elétrons.

O aluno demonstra ter conhecimento do movimento real das partículas negativas (elétrons) pela fiação do circuito. Pelo seu desenho (Figura 10 letra D), percebemos que o circuito por ele desenhado está coerente com o circuito real 3D apresentado pelo professor. A bateria, chave interruptora e lâmpada formam um circuito fechado e funcional. Na sequência, o professor o instrui a respeito de que a representação mais adequada para construção de esquemas elétricos oficiais é indicar o sentido da corrente elétrica convencional que vai do polo positivo da bateria para o negativo.

PROFESSOR – Ao desenhar um circuito elétrico, a melhor maneira de representar, ou a mais usada no caso, é mostrar a seta que representa a corrente elétrica saindo do polo positivo. Apesar de esta representação ser a do sentido convencional da corrente elétrica, já que o real é o contrário do polo negativo para o positivo. No futuro, se vocês (falando a todos agora) se aprofundarem em circuitos elétricos, perceberão que não faz diferença de qual polo ela está saindo. No caso da medida de uma diferença de potencial no multímetro, ao mudar os contatos nos polos, muda apenas o sinal da medida sem alterar seu valor. Ao resolver uma equação envolvendo corrente elétrica, o sinal negativo representa apenas que ela está se movendo no sentido contrário ao do referencial adotado.

A1 – A corrente real e convencional...

PROFESSOR – Quando você fala corrente elétrica real e convencional, você está explicitando o movimento das partículas dentro dos fios, no caso os elétrons. Mas existe uma coisa que é

bem diferente entre esta bateria que nós estamos usando e a energia que usamos na nossa casa, por exemplo. Você sabe qual é? Que propriedade física está por trás? A pilha ou a bateria tem um determinado valor, já nas tomadas é um valor bem maior, o que é?

A1 – Volts!

Para melhor entendimento da noção de tensão (voltagem) em circuitos residenciais e sua relação com voltagem aplicada em uma bateria de 9V, o professor faz uma comparação entre os circuitos que estão sendo estudados e as ligações residenciais.

PROFESSOR – Exatamente! Quanto é esta pilha?

A1 – 9 volts.

PROFESSOR – Quanto é na nossa casa?

A1 – 127 volts.

PROFESSOR – O que acontece se ligarmos diretamente os dois fios da tomada?

A1 – Dá curto!

PROFESSOR – E aqui na bateria, o que acontece se ligarmos os fios formando um curto?

A1 – Pega fogo, acho...

PROFESSOR – Não é bem assim, de fato o sistema esquentaria e descarregaria a bateria. No entanto, eu quero chegar ao entendimento da voltagem em si. A voltagem nas tomadas elétricas de uma casa é muito maior do que o que está na bateria. Se por acaso nós tivéssemos feito o mesmo circuito elétrico utilizando lâmpadas grandes e comuns e ligado de forma incorreta na tomada, com certeza teria dado um curto circuito dos grandes aqui e poderia até pegar fogo nos fios. É justamente por este motivo que nós estamos usando bateria e lâmpadas pequenas e de baixa voltagem. Agora, se você entendeu o que aconteceu com voltagem pequena, certamente, também compreenderá no caso de voltagens maiores. Desta forma, você pode ligar qualquer circuito elétrico, pois a noção voltagem já está formada. Se lá na sua casa você ligar diretamente dois fios diferentes, já sabe que pode dar curto circuito e sabe também a razão de ele estar acontecendo.

PROFESSOR – Ok, obrigado A1! Vamos para o circuito em série.

Aqui o pesquisador conclui sua instrução sobre as noções iniciais de voltagem, curto circuito e corrente elétrica aplicadas em circuitos elétricos. Estas instruções iniciais, tendo como referência os desenhos produzidos pelos alunos, têm como objetivo evidenciar as dificuldades conceituais e simultaneamente esclarecer os pontos essenciais e os conceitos primários de um circuito elétrico visando dar as noções das propriedades físicas envolvidas para que a estratégia didática, que terá como resultado a construção de esquemas oficiais, seja frutífera.

Trecho da entrevista com A2 sobre circuito simples

PROFESSOR - Você entendeu a função da chave?

A2 – É interromper a corrente.

PROFESSOR – Exatamente! E aqui dentro da lâmpada você sabe que tem alguma coisa que nós chamamos de filamento. Este filamento para nós é também uma resistência, você saberia me dizer o que provoca a luz já que o filamento tem uma resistência, mas dentro deste fio também tem resistência, por que necessariamente é o que está dentro da lâmpada que acende?

A2 – Por ondas...

PROFESSOR – A onda... Você quer dizer que a luz é um tipo de onda, certo?

A2 – É.

PROFESSOR – Mas dentro da lâmpada tem algo que a faz acender, a corrente elétrica está passando, é alguma coisa que está acontecendo aqui dentro. Olhe bem para a lâmpada e veja o tipo do fio, quem sabe algo lhe chame atenção.

A2 – É, ele parece ser diferente.

PROFESSOR – Você consegue perceber que aqui dentro da lâmpada tem dois arames mais grossos e um bem fininho no meio?

A2 – O bem fininho faz a junção dos dois mais grossos.

PROFESSOR – Exatamente. Este que faz a junção é o filamento. Por que ele é mais fino?

A2 – Não sei dizer.

Neste trecho o aluno tem dificuldade de relacionar a ideia de resistência do filamento da lâmpada com a produção de luz quando por esta passa uma corrente elétrica. O professor então pede para que ele visualize o filamento, na esperança de que a espessura do mesmo lhe chame a atenção remetendo à segunda lei de Ohm indicando que o filamento tem maior resistência elétrica do que o restante do circuito.

PROFESSOR – Vamos olhar a lâmpada bem de perto. O que acende é o arame da direita, da esquerda ou o do meio mais fininho?

A2 – O mais fino.

PROFESSOR – Isto quer dizer que é o filamento que acende. Neste caso o filamento vai ter maior resistência ou menor resistência do que o restante do circuito?

A2 – Maior...?

Aqui emerge a compreensão do aluno de que a noção de resistência elétrica é maior no filamento do que no restante do circuito elétrico. A assimilação deste entendimento é fundamental para que a sequência didática estabelecida pelo professor tenha sucesso, bem como está em perfeita sintonia com o objetivo desta pesquisa que visa inicialmente descobrir quais são os problemas conceituais de aprendizagem e as dificuldades de compreensão dos alunos, para posteriormente dar as instruções necessárias à medida que apareçam dentro das ações propostas pelo professor.

PROFESSOR – Por que será que justamente o filamento acende? Qual é o processo ou princípio físico, o que realmente está acontecendo ali para ele acender? Bom, dá pra perceber, apesar desta lâmpada ser bem fraquinha. Coloque a mão nela, o que você consegue perceber?

A2 – Ela esquenta.

PROFESSOR – Isto significa que o processo físico ou o princípio físico que faz com a lâmpada funcione é um processo que também aquece, certo?

A2 – Tá...

PROFESSOR – Agora se você se recordar das resistências já estudadas como do: ferro elétrico, chuveiro elétrico, elas fazem alguma coisa, o quê?

A2 - No chuveiro faz esquentar a água e no ferro esquenta a chapa.

PROFESSOR – E esta resistência da lâmpada, o que está acontecendo com ela?

A2 – Vai esquentar entre os dois fios.

PROFESSOR – E justamente por ele ser mais fino é que ele está esquentando. Agora a pergunta é: porque que não queima?

A2 – Não sei

PROFESSOR – Dentro deste bulbo de vidro não tem oxigênio, mas sim um gás inerte. Só queimaria ou pegaria fogo se o oxigênio estivesse presente. Caso eu quebre o vidro e tente ligar a lâmpada o que ocorre?

A2 – Ela pegaria fogo.

PROFESSOR – De fato, ela pegaria fogo ou queimaria no termo comum por alguns segundos e daí ela rompe o filamento. O que você acha que tem dentro da bateria que provoca a corrente elétrica?

A2 – Voltagem.

PROFESSOR – A palavra voltagem é uma coisa importante, mas o que ela significa?

A2 – Liberação de energia.

PROFESSOR – Tudo bem, quais são os elementos que estão dentro da bateria que produzem esta voltagem?

A2 – Não sei.

Percebemos neste ponto que o aluno A2 não tem uma noção clara do que representa voltagem, no entanto, a seguir ele demonstra ter conhecimento de que a corrente elétrica é formada pelo movimento das partículas negativas e a representa corretamente em seu desenho (Figura 10, letra E). Fica evidente, também, que sua representação está coerente com o circuito real 3D.

PROFESSOR – Vamos ver o seu desenho. Aqui você tem o circuito ligado e circuito desligado. Neste aqui você fez uma seta... Este é o polo negativo da bateria e este o positivo?

A2 – Exato.

PROFESSOR – Você está indicando que a corrente elétrica sai do negativo e vai para o positivo?

A2 – Certo.

PROFESSOR – Este é o sentido de quais partículas conhecidas do átomo? Prótons ou elétrons?

A2 – Elétrons.

PROFESSOR – Se é negativo é elétron, certo! É um caso que nós precisamos esclarecer bem, pois é um ponto importante de circuitos elétricos você saber como a corrente elétrica se comporta. Valeu, obrigado! Resta agora resolver a questão dos elementos de dentro da bateria que produzem a ddp.

Trecho da entrevista com A3 sobre circuito elétrico simples

PROFESSOR – Então, A3, você fez um desenho mais simplificado, optou por não colocar os suportes, só colocou as lâmpadas e no lugar da bateria você desenhou uma pilha comum, certo? Aqui você está representando que a corrente elétrica sai do polo negativo e vai para...

A3 – Para polo positivo.

PROFESSOR – No seu desenho estas setas representam o movimento de quais partículas?

A3 – Dos elétrons.

PROFESSOR – Este é o movimento chamado real, mas em circuitos elétricos muitas vezes é usado um outro sentido que é chamado de convencional, aí o convencional é justamente...

A3 – O contrário.

PROFESSOR – Para você qual é a função da chave?

A3 – Interromper ou fechar o circuito.

PROFESSOR – Como você entende a corrente elétrica?

A3 – A saída dos elétrons saindo de um polo e indo para o polo positivo.

PROFESSOR – Então para você o polo negativo é excesso de quais partículas?

A3 – Elétrons.

PROFESSOR – E o polo positivo?

A3 – Excesso de prótons.

A3 – Daí acabou acontecendo a corrente de um para outro (polo), assim um se neutraliza com outro.

PROFESSOR – Então você já tem uma noção do que acontece dentro da bateria que faz com que a corrente elétrica seja induzida nos fios. Você pode me explicar isto, ou seja, o que acontece dentro da bateria que induz a corrente?

A3 – A corrente elétrica acontece porque um polo tem mais prótons e outro mais nêutrons...(?) que dizer mais elétrons e com esta diferença de um polo pro outro acaba acontecendo o impulso do elétron sair de um polo e ir a caminho o outro formando um circuito elétrico.

Podemos perceber que a noção de campo elétrico não está presente no raciocínio do aluno. Sua resposta baseia-se em um raciocínio linear, limitando-se aos objetos concretos que conhece. Ele considera a corrente elétrica como algo que sai da bateria e que percorre todo o circuito: “*acaba acontecendo o impulso do elétron sair de um polo e ir a caminho o outro formando um circuito elétrico*”. O aluno, portanto, substancializa ideias abstratas ao considerar a eletricidade como “algo de material que parte de uma fonte e que

atravessa os diferentes elementos de um circuito”. Estas ideias já foram observadas por pesquisadores como Santos (1991, p.104) e Gouveia (2007).

PROFESSOR – Então nós podemos dizer o seguinte: O polo negativo tem um potencial e o polo positivo tem outro potencial, são polos com potenciais diferentes, e que provoca a corrente elétrica neste caso é o quê?

A3 – A diferença de potencial.

PROFESSOR – Exatamente, por isso existe esta palavra, diferença de potencial ou ddp.

PROFESSOR – Vocês viram (professor se dirigindo aos outros alunos) a explicação que ele (A3) deu é bem isto mesmo! O A3 chegou ao ponto, (na bateria) nós temos dois pólos, um positivo e outro negativo, fazendo uma analogia é como se você tivesse uma rampa por onde as partículas podem descer. O ponto mais alto da rampa é um polo e o ponto mais baixo é outro, assim a energia é transferida no processo. Então o que ocorre dentro da bateria que provoca a corrente elétrica? É justamente pela existência da diferença de dois polos. E o que forma os potenciais? Os potenciais são formados pelo excesso de cargas do mesmo sinal, por exemplo: O polo com excesso de cargas negativas é negativo e o polo com excesso de cargas positivas é o positivo.

PROFESSOR – Ok, obrigado.

O professor conclui sua instrução ao ressaltar a noção de voltagem para circuito simples de corrente contínua. O polo positivo é formado pelo excesso de partículas positivas, enquanto o polo negativo é formado pelo excesso de partículas negativas. Para que o aluno entenda porque as cargas negativas têm a tendência de transitar pelos fios, o professor faz uma analogia e considera os elétrons como pequenas bolinhas que descem em uma rampa, associando o potencial maior à parte mais alta da rampa.

Analisaremos agora as entrevistas do grupo B:

Trecho da entrevista com B1 sobre circuito simples

PROFESSOR – O que você acha que tem dentro da bateria que é capaz de produzir luz nas lâmpadas?

B1 - Elétrons.

PROFESSOR - Esses elétrons estão fazendo o que para que a luz apareça?

B1 – Estão, como eu posso dizer, pela corrente... nos fios...

O pesquisador busca neste momento estabelecer uma relação entre a luz emitida pela lâmpada e o restante dos elementos do circuito. O objetivo era que o aluno falasse sobre o que pensava a respeito da corrente elétrica, resistência elétrica, voltagem, ou mesmo, cargas elétricas, para que se iniciasse um diálogo no sentido de esclarecer estes conceitos.

PROFESSOR - Eles estão passando por dentro do fio? O que você acha da corrente elétrica, de qual polo ela sai?

B1 – Positivo.

PROFESSOR – Vamos ver como você colocou aqui no seu desenho. Ela sai do positivo, circula por todo o circuito e chega no negativo, certo?

B1 - (Confirmação com a cabeça).

Novamente, vemos o aparecimento de uma resposta baseada em um raciocínio linear limitado aos objetos concretos conhecidos. O aluno considera a corrente elétrica como algo que sai da bateria e que percorre todo o circuito. É possível deduzir isto, pois além de ter se expressado com palavras, o aluno fez movimentos com a mão, que indicava o sentido do movimento das cargas elétricas. Para ele as cargas positivas movimentam-se do polo positivo na direção do negativo, caracterizando o sentido convencional da corrente elétrica. Sua noção de corrente elétrica é similar a do aluno A3 (mudando apenas o sentido da corrente), já analisada anteriormente.

Trecho da entrevista com aluna B5 sobre circuito simples

PROFESSOR- Deixe-me ver como está seu desenho, B5. No equipamento ligado e desligado estou observando que você fez uma série de setas aqui indicando...

B5 - Para mim tanto faz elas irem como voltarem, quando liga aqui, elas estão circulando, quando desliga, elas param. Elas vão continuar do mesmo jeito para qualquer lado... Né...

PROFESSOR – Então o que significa circuito elétrico pra você? Por que esta palavra circuito aparece aí? O que você acha?

B5 - Ah... Não sei... passar energia?

PROFESSOR - Para que a lâmpada acenda o que foi necessário?

B5 – Elétrons!

PROFESSOR – Os elétrons estão indo de qual polo para qual polo?

B5 - Positivo...

PROFESSOR - Dentro da lâmpada tem algo que produz luz, você sabe dizer o que é? Olha aqui dentro e veja se você consegue identificar algo de especial.

B5 - Tem um araminho aqui.

PROFESSOR- E ele é mais fino ou mais grosso?

B5 - Fino...

PROFESSOR- Você consegue ver que dentro da lâmpada tem dois arames mais grossos e um fio bem fininho?

B5 - Dá pra ver!

PROFESSOR – Por que será que ele é mais fino que os outros laterais?

B5 – Não sei... Para passar a corrente elétrica.

PROFESSOR – O que você acha que aconteceria com a corrente elétrica passando por um fio bem fino como este aqui?

B5 – Não tenho ideia...

B5 não associa a espessura do filamento da lâmpada a um tipo de resistência que poderia produzir luz. Percebemos que não existe aqui qualquer referência interna sobre as leis de Ohm já estudadas no primeiro semestre. Não é possível reconhecer nas palavras dela nenhum modelo explicativo de corrente elétrica, pois não soube expressar de qual polo as partículas saíam, nem como associar este movimento de partículas ao fato da lâmpada ascender.

Trecho da entrevista com B4 sobre circuito simples

PROFESSOR- B4, você fez um circuito aqui, certo? Deste lado está ligado e deste está desligado. Qual você acha que é a condição necessária para um circuito funcionar? O que ele precisa ter para ele funcionar? O que este aqui (ligado) tem que faz com que ele funcione?

B4 – Bateria...

PROFESSOR- E a fiação tem alguma influência no circuito? Esta fiação que está aí qual a finalidade dela?

B4 – Levar os elétrons da bateria até a lâmpada.

PROFESSOR- Então o que significa corrente elétrica para você? Olhando para este desenho tem uma seta que indica um movimento de um polo para outro, o que isto tem a ver com corrente elétrica?

B4 - É como o que vai do pino da bateria até o fio da lâmpada.

PROFESSOR- Eu observei que você também fez uma seta saindo do polo positivo e outra saindo do polo negativo, o que isto significa pra você? Como a luz é produzida aqui?

B4 - Com a junção do positivo com o negativo...

PROFESSOR- Você acha que a luz que é produzida pela lâmpada está na junção do positivo com o negativo? É esta a ideia que você tem? Ou é alguma outra ideia que possa explicar esta produção de luz?

B4 – Não... Acho que é isto... é a junção dos dois!

B4 afirma que a luz produzida se encontra na junção do positivo com o negativo. Ao analisarmos seu desenho, observamos uma possível relação com o “modelo de colisão de corrente”. Esta concepção de corrente desenvolvida por B4 já foi citada anteriormente e é bem comum na literatura.

Trecho da entrevista com B3 sobre desenho de um circuito simples

PROFESSOR – Então B3... Neste circuito desligado qual a função da chave para você?

B3 - Da chave?

PROFESSOR - É!

B3 - Ela serve para dar o contato e tirar o contato dos fios lá.

PROFESSOR – E no momento em que ela dá este contato o que ela proporciona para o circuito elétrico? Quer dizer, deste circuito que está ligado para este que está desligado a chave é um ponto principal, deste (ligado) para este (desligado) a chave fez qual função? O que ela colocou em funcionamento?

B3 - Ela ligou dois fios na verdade... Daí fez... Entrarem em movimento (elétrons), não ficarem isolados (fios).

PROFESSOR - Neste fio aqui que você colocou a chave ligada, eu observo que você representou cargas negativas e positivas, as positivas saem do polo positivo e as negativas saem do polo negativo, e como é que se produz luz? O que estas cargas negativas e positivas têm a ver com a luz que está sendo produzida na lâmpada?

B3- Hora que elas se juntam aqui, ela (luz) se forma... os elétrons...

PROFESSOR - Então quer dizer que esta luz que a lâmpada está produzindo é a junção destas cargas negativas com as positivas?

B3 - É... É a junção delas!

PROFESSOR - Valeu, obrigado!

B3 confirma a observação que fizemos inicialmente de seu desenho quando diz que o encontro das cargas positivas e negativas é que forma a luz. Sua falha conceitual situa justamente na ideia de que existe um choque de partículas para formar a luz e que após o choque estas cargas seriam destruídas ou aniquiladas.

Trecho da entrevista com B2 circuito simples

PROFESSOR - Eu percebi uma coisa no seu desenho que está bastante evidente. Aqui no seu desenho desligado, a chave mostra os fios totalmente interrompidos e aqui você fez um fio dentro da chave realmente ligando este circuito. Então para que este circuito funcione o que ocorre?

B2 – Aqui eles estão interligados aqui no meio e de um sai positivo percorre por tudo e chega no negativo, entendeu? E aqui dentro desta chave deve ter alguma coisa que interliga o negativo com o positivo.

PROFESSOR – Aqui você fez o desenho com setas e cargas negativas e positivas no mesmo fio. Por que você fez isto?

B2 – Não, porque é uma mais e uma menos, entendeu? Eu quis dizer ida e chegada.

PROFESSOR – Mas elas vão e voltam no mesmo polo?

B2 – Não no mesmo, no caso este aqui é positivo e este aqui é negativo.

PROFESSOR – É, mas aqui no seu desenho, as cargas positivas estão neste fio e as negativas também estão no mesmo fio!

B2 – Ah... Poderia ter feito aqui (outro fio).

PROFESSOR – O que você acha que tem dentro da bateria que produz este efeito de acender as lâmpadas?

B2 – Carga, não é?

PROFESSOR – Justamente a voltagem é resultado destas cargas que você falou. Qual a característica do polo positivo e polo negativo? Por que é chamado positivo e negativo?

B2 – Porque...

PROFESSOR – Você sabe que existem partículas prótons e elétrons e elas têm a ver com isto que nós estamos estudando, por que o negativo é chamado de negativo?

B2 – Hum... (Não lembra).

A aluna demonstra uma falta de atenção na confecção do seu desenho (Figura 10H). Ela representou partículas positivas e negativas movendo-se em sentido contrário dentro do mesmo fio. Neste ponto a entrevista ajudou a elucidar o caso, pois a aluna

pôde se explicar quando diz “*Aqui eles estão interligados aqui no meio e de um sai positivo percorre por tudo e chega no negativo, entendeu! E aqui dentro desta chave deve ter alguma coisa que interliga o negativo com o positivo*”. O desenho, neste momento, foi relevante para mostrar uma falha de representação com relação ao movimento das cargas elétricas, noção esta que é importante para formar um modelo de corrente elétrica.

A seguir apresentamos um resumo das dificuldades de entendimento (Quadro 02) encontradas nesta etapa da pesquisa e ressaltamos como o desenho em conjunto com o apoio e instruções dadas professor favoreceram o entendimento do aluno dos conceitos científicos:

Quadro 2 – Dificuldades de entendimento dos alunos em circuitos simples

Mudança de Representação	Dificuldade de Entendimento Observada no Processo	Pontos que o desenho, em conjunto com a instrução simultânea, favoreceu entendimento do aluno
Do circuito elétrico simples real (representação 3D) para o desenho (representação pictórica).	<ul style="list-style-type: none"> - A2 não compreende o significado de resistência (por que só o filamento da lâmpada acende). Falta para ele também a noção do que é um polo positivo e negativo na bateria. - As afirmações de A3 indicam que sua ideia de corrente elétrica está associada à ideia de um fluido material que circula pelos fios. - B1 apresenta grande dificuldade em definir corrente elétrica. Ele também não relaciona o fato de a lâmpada acender com a voltagem na bateria. - B5 não relaciona o filamento da lâmpada com o conceito de resistência elétrica - B4 e B3 afirmam que a luz é proveniente da junção entre as partículas negativas e positivas. - B2 demonstra uma falta de atenção na confecção do seu desenho. Ela representou partículas positivas e negativas movendo-se em sentido contrário dentro do mesmo fio 	<ul style="list-style-type: none"> - Entendimento da corrente elétrica real (em sua maioria, as setas representativas estão do polo negativo para o positivo) - A chave participa de todos os desenhos (a corrente elétrica só é representada com a chave ligada) - Noção de voltagem foi apresentada aos alunos com instruções sobre os polos da bateria. - Esclarecimento sobre a existência da corrente convencional (que tem sentido contrário ao das cargas negativas) - Noção de que para o circuito elétrico funcionar deve estar sempre fechado - Noção de resistência elétrica e sua função no circuito elétrico

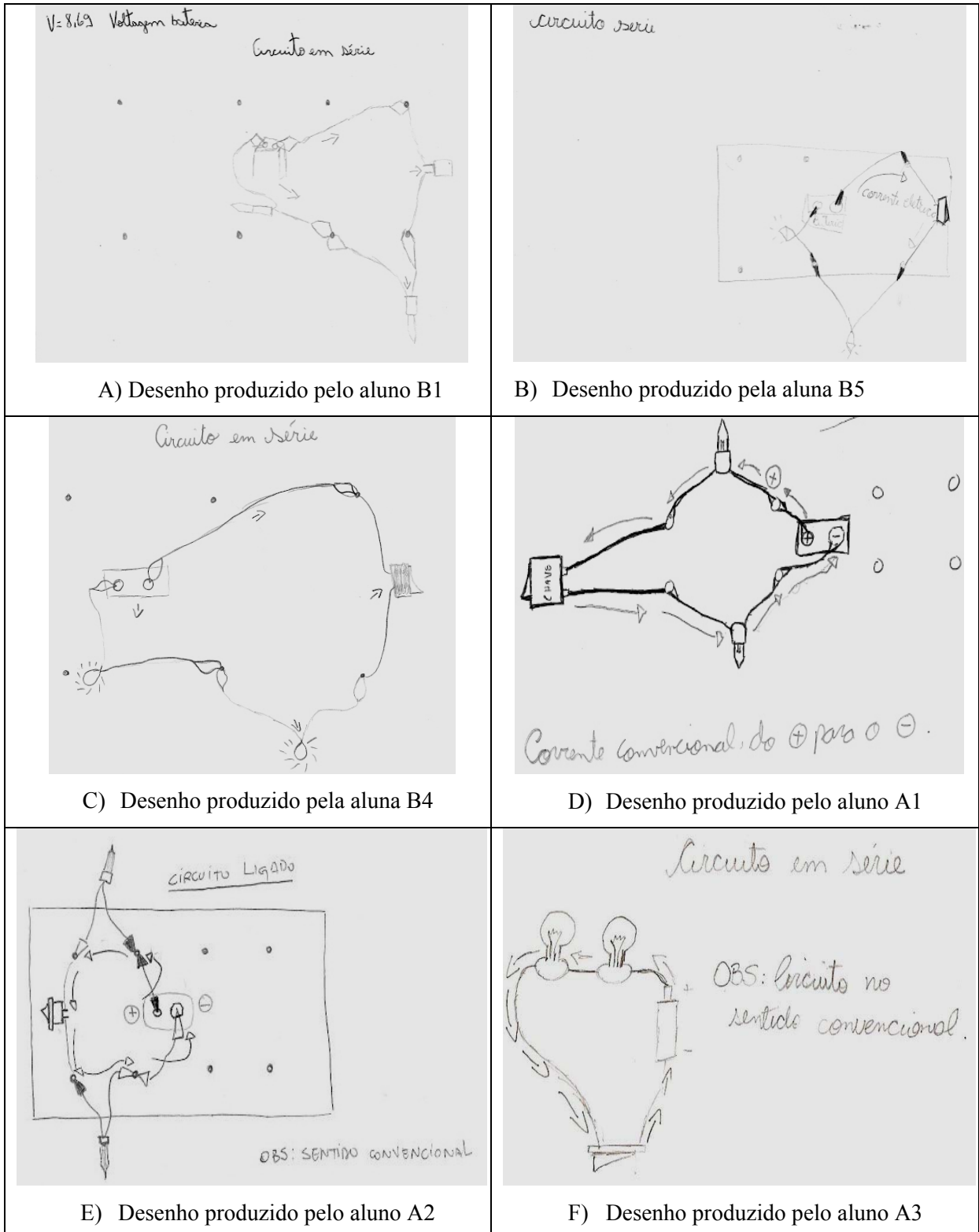
A sequência didática elaborada conduziu os alunos a fazerem diversas mudanças de representação. Alterna-se principalmente entre a representação 3D (circuito real), o desenho e os esquemas de circuito elétrico. O desenho elaborado pelos alunos neste ponto da sequência didática funcionou ao mesmo tempo como provocador e mediador. Provocador porque traz à tona as dificuldades conceituais e incompreensões dos alunos e mediador porque serve de apoio para instruções e troca de informações entre o pesquisador e o educando. Como o objetivo final da pesquisa é que o aluno domine o processo de mudança representacional do experimento real para o esquema oficial e vice-versa, foi necessário verificar esses problemas conceituais e as dificuldades de compreensão apresentadas pelos alunos e, simultaneamente, instruí-los para um correto entendimento das propriedades do circuito elétrico.

3.2 ETAPA 3

A terceira etapa proposta pelo professor aos alunos foi a de fazer um desenho de acordo a observação de um circuito elétrico real (3D), onde as lâmpadas formavam um sistema em série, constituído de 2 lâmpadas de pisca-pisca de árvore de natal, uma bateria, uma chave interruptora e a base de madeira, montado previamente pelo professor, conforme descrito no item 2.1 letra c. Antes de iniciar esta etapa, o pesquisador forneceu um multímetro para cada aluno com o intuito que eles observassem durante o desenvolvimento da sequência didática o que ocorre com a voltagem no circuito a cada nova montagem. A primeira medida realizada pelos alunos foi o de verificar valor da voltagem da bateria e conferir com o que vem escrito

A figura 11 mostra os desenhos produzidos pelos alunos a partir da observação do circuito real com duas lâmpadas em série apresentado pelo professor:

Figura 11 – Desenhos produzidos pelos alunos do circuito em série.



A) Desenho produzido pelo aluno B1

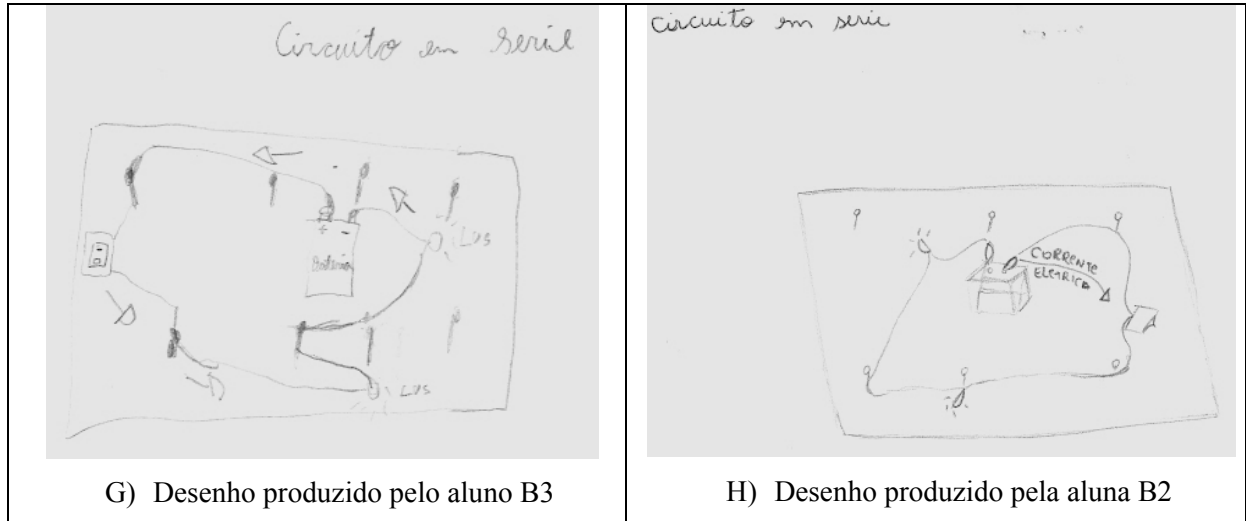
B) Desenho produzido pela aluna B5

C) Desenho produzido pela aluna B4

D) Desenho produzido pelo aluno A1

E) Desenho produzido pelo aluno A2

F) Desenho produzido pelo aluno A3



Podemos observar inicialmente, pela visualização dos desenhos, que nesta etapa da sequência didática alguns alunos já apresentam uma noção da estrutura e funcionamento de um circuito elétrico como os produzidos pelos alunos: A1, A2, A3 e B3 (respectivamente, desenhos D, E, F e G da figura 11) que representam corretamente a montagem em série e também direcionam com setas o sentido convencional da corrente elétrica. Já a aluna B2 não representa os polos da bateria em seu desenho (H da figura 11). Isto denota, por um lado, uma falta de atenção e por outro, uma deficiência na ideia de que foi necessária uma diferença de potencial para induzir a corrente elétrica nos fios e, conseqüentemente, acender a lâmpada. O desenho feito pelo aluno B1 nos chama a atenção, pois a disposição das setas que indicam a corrente elétrica aponta nos dois sentidos, ou seja, é uma característica do modelo de colisão de corrente já observada na etapa anterior.

A seguir apresentamos as entrevistas dos alunos do grupo A. Os alunos responderam de forma individual ao professor, no entanto, devido à proximidade entre as bancadas do laboratório eles podiam se comunicar, além de escutarem as entrevista/instruções dadas pelo professor ao aluno anterior. Percebemos que este foi um fator positivo, pois os alunos já se questionavam sobre seus desenhos antes de o professor entrevistá-los, permitindo assim uma reflexão prévia dos seus erros e acertos. A sequência de entrevista do grupo A foi: primeiramente A1, depois A2 e por último A3. Nossa expectativa era que a maioria das dificuldades fosse solucionada no decorrer das entrevistas e que as noções corretas de corrente elétrica, voltagem e resistência surgissem até o fim das instruções.

Trecho da entrevista com A1 sobre circuitos em série

PROFESSOR – Vamos lá, A1, nós vamos conversar sobre três coisas. O que você acha que está acontecendo com a corrente elétrica, com a voltagem e com a resistência?

PROFESSOR – Para começar onde está a resistência neste circuito?

A1 – Na lâmpada.

PROFESSOR – Então, quantas resistências têm aqui agora?

A1 – Duas.

PROFESSOR – A resistência do circuito aumentou ou diminuiu?

A1 – Aumentou.

PROFESSOR – Considerando que as lâmpadas são iguais à resistência do circuito...

A1 – Dobrou.

PROFESSOR – Em relação ao circuito anterior com uma única lâmpada, a resistência aumentou. O que você pôde observar na luminosidade das lâmpadas?

A1 – Se tornou menor.

PROFESSOR – Ela ficou menor, por quê?

A1 – Diminui a corrente... A voltagem é a mesma...

PROFESSOR – A bateria é a mesma, portanto a voltagem é a mesma! Agora será que cada lâmpada está recebendo a mesma voltagem?

A1 – Acho que sim!

A1 demonstra ter um algum conhecimento sobre o significado de resistência e sua função no circuito elétrico. Ele associa corretamente a palavra resistência com a lâmpada elétrica e também responde acertadamente sobre o que ocorre quando duas resistências se encontram em série, quando responde a pergunta do pesquisador: “*A resistência do circuito aumentou ou diminuiu?*”. No entanto, responde incorretamente, quando questionado sobre o que ocorre com as voltagens em cada lâmpada: “*A bateria é a mesma, portanto a voltagem é a mesma! Agora será que cada lâmpada esta recebendo a mesma voltagem?*” sua resposta é “*Acho que sim!*”. Fica evidente que ele ainda não se apropriou totalmente do conceito de diferença de potencial e de como ela se estabelece no circuito elétrico.

Trecho da entrevista com A2 sobre circuito em série

PROFESSOR – A2, o que mudou no seu circuito, o que você consegue perceber de diferente?

A2 – A divisão de energia.

PROFESSOR – Tudo bem, quando nós ligamos o circuito a luminosidade é maior, menor ou igual a do caso com apenas uma lâmpada no circuito anterior?

A2 – Menor!

PROFESSOR – O que está fazendo com que esta luminosidade seja menor?

A2 – Por que a resistência diminuiu?

Até aqui o aluno A2 já demonstra duas deficiências no entendimento de circuito elétrico. A primeira é vista quando fala da “*divisão de energia*”, sendo que a expressão correta seria da divisão da voltagem. A outra é quando questionado sobre “*O que está fazendo com que esta luminosidade seja menor?*” ele responde que a resistência do circuito como um todo diminuiu, sendo que o que realmente ocorre é o contrário.

PROFESSOR – Bem, se é um sistema em série, antes tinha uma lâmpada, agora tem duas. Um sistema em série de resistência provoca o quê, aumenta ou diminui a resistência do circuito?

A2 – Se você ligar duas aumenta!

PROFESSOR – Bom, se você tem duas resistências em série, e elas são do mesmo valor, pois as lâmpadas são iguais então quer dizer que a resistência do circuito...

A2 – Aumentou!

PROFESSOR – De quanto?

PROFESSOR – Vamos supor que a resistência aqui seja de 1 ohm. Se eu ligar duas terei...?

A2 – 2 Ohms.

PROFESSOR – Então, ela dobrou é possível que a luminosidade da lâmpada tenha caído pela metade. O que é que mudou do circuito simples para este que faz com que a luminosidade caia? Nós temos resistência, corrente elétrica e voltagem. Para o circuito elétrico como um todo, a voltagem é a mesma, pois a bateria é a mesma. A corrente elétrica aumentou ou diminuiu?

A2 – Diminuiu.

P – A resistência total?

A2 – Aumentou.

P – E a voltagem para cada lâmpada?

A2 – É a mesma. (os mesmos 9 volts).

O professor consegue solucionar a dificuldade de compreensão relacionada com a soma das resistências das lâmpadas no sistema em série, bem como o aluno responde corretamente sobre o que está acontecendo com a corrente elétrica neste tipo de circuito. No entanto, quando questionado sobre a voltagem, A2 comete o mesmo erro do seu colega A1, afirmando que a voltagem é a mesma para as duas lâmpadas. Este ponto ainda permanece fora do entendimento destes alunos do grupo A.

Entrevista com A3 sobre circuito em série

PROFESSOR – Vamos lá A3! As mesmas perguntas, sobre: voltagem, corrente elétrica e resistência. Neste circuito em série o que aconteceu com a resistência?

A3 – Ela dobrou.

PROFESSOR – Para todos vocês esta noção está clara (falando a todos os alunos).

PROFESSOR – O que aconteceu com a voltagem da bateria?

A3 – Nos terminais da bateria a voltagem continua a mesma.

PROFESSOR – O que aconteceu com a corrente elétrica quando passou a ter duas lâmpadas?

A3 – Diminuiu pela metade.

PROFESSOR – Como aumentou a resistência, a corrente elétrica diminuiu, ok!

PROFESSOR – Agora, o que aconteceu com a voltagem em cada lâmpada?

A3 – Continuou a mesma?

PROFESSOR – Será? Alguma coisa tem que justificar o menor brilho das lâmpadas.

A3- Por que a voltagem da bateria não consegue suprir mais do que a capacidade máxima de cada lâmpada. Quanto mais energia tiver para cada lâmpada, no caso, quando está ligada uma só ela vai ter mais energia, quando tem duas não vai ter energia suficiente para acendê-las, fazendo com que a luminosidade seja menor.

PROFESSOR – Então, mas alguma coisa está acontecendo, você já disse que a corrente elétrica diminuiu...

A3 – (A1, que estava na bancada ao lado, manifesta-se) A voltagem vai diminuir para o caso de duas lâmpadas.

PROFESSOR – É exatamente isto! Se vocês se recordarem (falando a todos os alunos) dos esquemas que fizemos no quadro (aulas teóricas previamente dadas no primeiro semestre) toda vez que tinha um circuito em série era necessário calcular a voltagem para cada resistência do circuito: Voltagem 1, Voltagem 2, etc. Vamos ligar o multímetro para confirmar esta ideia. Primeiro nós medimos nos terminais da bateria. O valor está em torno de 7,2V. Agora vamos medir nos terminais de cada lâmpada: em torno de 3,6 V (estes valores

foram medidos com circuito elétrico ligado e é por este motivo que a voltagem da bateria caiu de 9V para 7,2V). Isto confirma nossas conclusões, o multímetro mostra que a voltagem diminui pela metade! Portanto, o que ocorre com as voltagens em um sistema em série?

A3 – (Todos) Reparte entre as resistências.

PROFESSOR – No caso, como estas resistências são iguais, ou seja, as lâmpadas são idênticas, a voltagem repartiu igualmente entre elas. Mas se elas fossem diferentes, quero dizer, tendo resistências diferentes, as voltagens seriam diferentes para cada lâmpada.

O professor conclui a entrevista com uma instrução detalhada sobre o comportamento da voltagem em um circuito em série. A noção de que a voltagem se divide pelo número de resistências de um circuito em série surge na frase do A1: “*A voltagem vai diminuir para o caso de duas lâmpadas*”, que estava na bancada ao lado. O professor então recorda os estudos teóricos por ele apresentados em sala de aula e em seguida confirma as conclusões dos alunos por meio do multímetro. Todo este processo tem a finalidade trazer a tona o problemas conceituais e dificuldades de entendimento, como é o objetivo da nossa pesquisa, elucidando-as a medida em que aparecem e preparando o aluno para as próximas etapas.

A seguir são detalhadas as entrevistas do grupo B. Algumas entrevistas foram realizadas em duplas, pois no momento da pesquisa os alunos B1 e B4, e, B2 e B5 optaram por ficar na mesma bancada do laboratório.

Trecho da entrevista com B2 e B5 sobre o desenho dos circuitos em série

PROFESSOR – Vocês vão observar uma lâmpada ligada. Olha o brilho dela! Agora eu vou pôr duas lâmpadas ligadas em série, o que aconteceu com o brilho delas?

B2 – Baixou!

PROFESSOR – Agora a pergunta é: a corrente elétrica é a mesma de quando tem uma lâmpada ou é diferente?

B2 – Diferente.

PROFESSOR – Por quê?

B2 – Porque ela tem que dividir com as duas, não é?

PROFESSOR – Quantas correntes elétricas têm neste circuito?

B2 – Uma.

PROFESSOR – Uma porque é um sistema em série. Tudo bem, por que ela é menor? Nós já sabemos que ela é menor, mas por quê?

B2 – Tô confusa.

PROFESSOR – Cada lâmpada representa uma resistência e, portanto, quando tem duas resistências em série elas somam e como consequência gera uma resistência maior a corrente elétrica se torna...?

B2 – Menor.

Com as alunas B2 e B5, o professor aborda a questão do que ocorre com a corrente elétrica no circuito em série. Elas conseguem expressar corretamente que a corrente elétrica é menor quando o professor aumenta o número de lâmpadas no circuito. Quando questionada sobre o porquê, surge uma pequena confusão, que logo em seguida é esclarecida pelo professor instruindo que as resistências em um circuito em série são somadas e como a resistência aumenta a corrente elétrica é menor.

Trecho da entrevista com B1 e B4 sobre circuito em série

PROFESSOR – Vamos começar com um sistema mais simples. Dêem uma olhada na luminosidade destas lâmpadas. Agora, se eu tirar uma, fica a mesma coisa?

ALISSON – Ficou um pouco mais forte!

PROFESSOR – Se eu colocar deste jeito aqui, que é um sistema em série, o que vai acontecer?

ALISSON – Elas ficam mais fracas.

PROFESSOR – Por que no sistema em série a luminosidade ficou mais fraca?

ALISSON – Por causa que divide a energia, não é?

PROFESSOR – Muito bem, nós temos aqui uma bateria de 9V, quando ela está ligando duas lâmpadas em série, o que acontece com estes 9V?

ALISSON – Se divide.

PROFESSOR – Ficando 4,5V para...

ALISSON – Cada uma das lâmpadas.

Observamos neste trecho de entrevista que os alunos B1 e B4 confundem o termo voltagem da bateria com o termo energia. Assim, é necessário que o pesquisador instrua-os recordando que a bateria tem 9V, conforme observado no início desta atividade com o multímetro. O professor demonstra a mudança de luminosidade por meio da retirada de uma das lâmpadas e, em seguida, justifica esta mudança pela variação na voltagem. A discussão sobre a voltagem ocorreu sem a efetiva medida no multímetro, portanto os valores

de 9V e 4,5V sugeridos pelo professor tinham apenas o intuito de mostrar a divisão de voltagem entre as lâmpadas, e que explicava a redução de luminosidade nas lâmpadas.

Trecho da entrevista com B3 sobre circuitos em série

PROFESSOR – Muito bem! Vamos mudar a posição das lâmpadas, veja o que acontece agora.

B3 – As duas ficaram fracas.

PROFESSOR – Este é um circuito em...

B3 – Série

PROFESSOR – A bateria está fornecendo 9V, só que para as lâmpadas está chegando quanto?

B3 – 4,5V por que a voltagem é dividida.

PROFESSOR – Exatamente. Então no sistema em série a voltagem?

B3 – Se divide.

PROFESSOR – E esta chave, qual a função dela no circuito?

B3 – Ligar e desligar, ou seja, cortar a corrente elétrica.

PROFESSOR – Ela corta a corrente?

B3 – Ela divide a corrente.

PROFESSOR – Para que as lâmpadas acendam, os fios devem estar ligados, portanto quando a chave é desligada, o que acontece?

B3 – Desliga tudo.

PROFESSOR – Eu posso ligar o circuito com um metal no lugar da chave?

B3 – Pode.

PROFESSOR – Dentro da bateria é produzida a voltagem que induz corrente elétrica no fio, qual das partículas: elétrons, prótons ou nêutrons são capazes de transitar pelos fios?

B3 – Elétrons.

B3 responde corretamente ao questionamento feito pelo pesquisador sobre a voltagem das lâmpadas de um circuito em série. Este aluno foi o último a ser entrevistado e como vimos no grupo A, a sequência de entrevistas com base nos desenhos produzidos pelos alunos evidenciou os problemas conceituais e as dificuldades de entendimento descritas do quadro 03.

A seguir apresentamos o quadro 03 com as dificuldades de entendimento encontradas nesta etapa e como o desenho em conjunto com o apoio e instrução dados pelo professor favoreceram o entendimento do aluno:

Quadro 3 – Dificuldades de entendimento dos alunos em circuitos em série

Mudança de Representação	Dificuldade de Entendimento Observada no Processo	Pontos que o desenho, em conjunto com a instrução simultânea, favoreceu entendimento do aluno
Do circuito elétrico em série real (representação 3D) para o desenho (representação pictórica)	<ul style="list-style-type: none"> - B1 e B4, em seus desenhos, apresentaram o “modelo de colisão de correntes” onde a corrente elétrica pode ocorrer nos dois sentidos dentro de um circuito elétrico. - A1 e A2 apresentaram dificuldades de entendimento com relação à divisão da voltagem no circuito em série. - A2 demonstrou ter dúvidas sobre a soma do valor das resistências nos circuitos em série. - B1 e B4 ainda confundem o termo energia com voltagem. - B2 não representou os polos da bateria em seu desenho. 	<ul style="list-style-type: none"> - Para solucionar o problema relacionado ao sentido da corrente, o pesquisador instruiu os alunos sobre os polos da bateria (positivo e negativo) e revisou o que é uma voltagem. - Com a observação da luminosidade das lâmpadas foi possível esclarecer sobre a divisão de voltagens no circuito em série - Os circuitos estão desenhados de forma coerente: São fechados e a corrente elétrica esta representada por setas de forma correta. Isto demonstra uma superação dos problemas iniciais com curtos circuitos e função da chave. - Os polos positivo e negativo da bateria estão representados corretamente em quatro desenhos o que indica que a noção de voltagem já é presente para estes alunos

O resumo apresentado no quadro 03 mostra que o desenho forneceu subsídios para que os problemas conceituais, em princípio, emergissem e pudessem ser discutidos com o professor. No entanto, outros modos de representações exerceram papel fundamental no entendimento do aluno, tais como: a verbal nas instruções do professor, a escrita nas legendas construídas dentro dos desenhos e até a gestual, quando o aluno gesticulava para indicar o que estava pensando. Também, para confirmar suas instruções sobre o que estava ocorrendo no circuito, o professor incluiu um modo diferente de visualizar a voltagem quando utilizou o multímetro. Todos estes fatores indicam que as múltiplas

representações e o uso conjunto de vários modos de representação exercem um papel importante na aprendizagem do aluno.

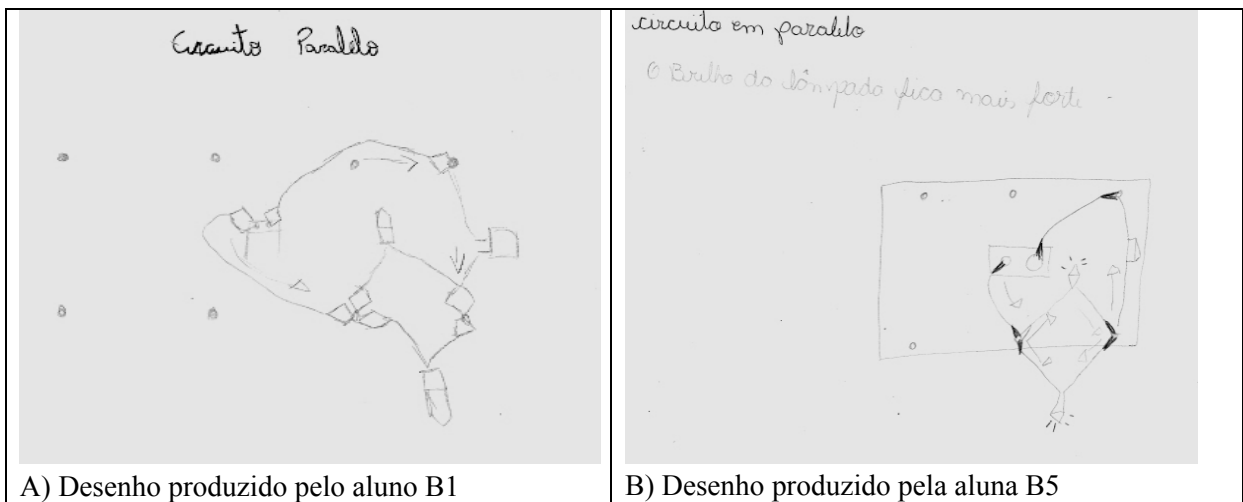
3.3 ETAPA 04

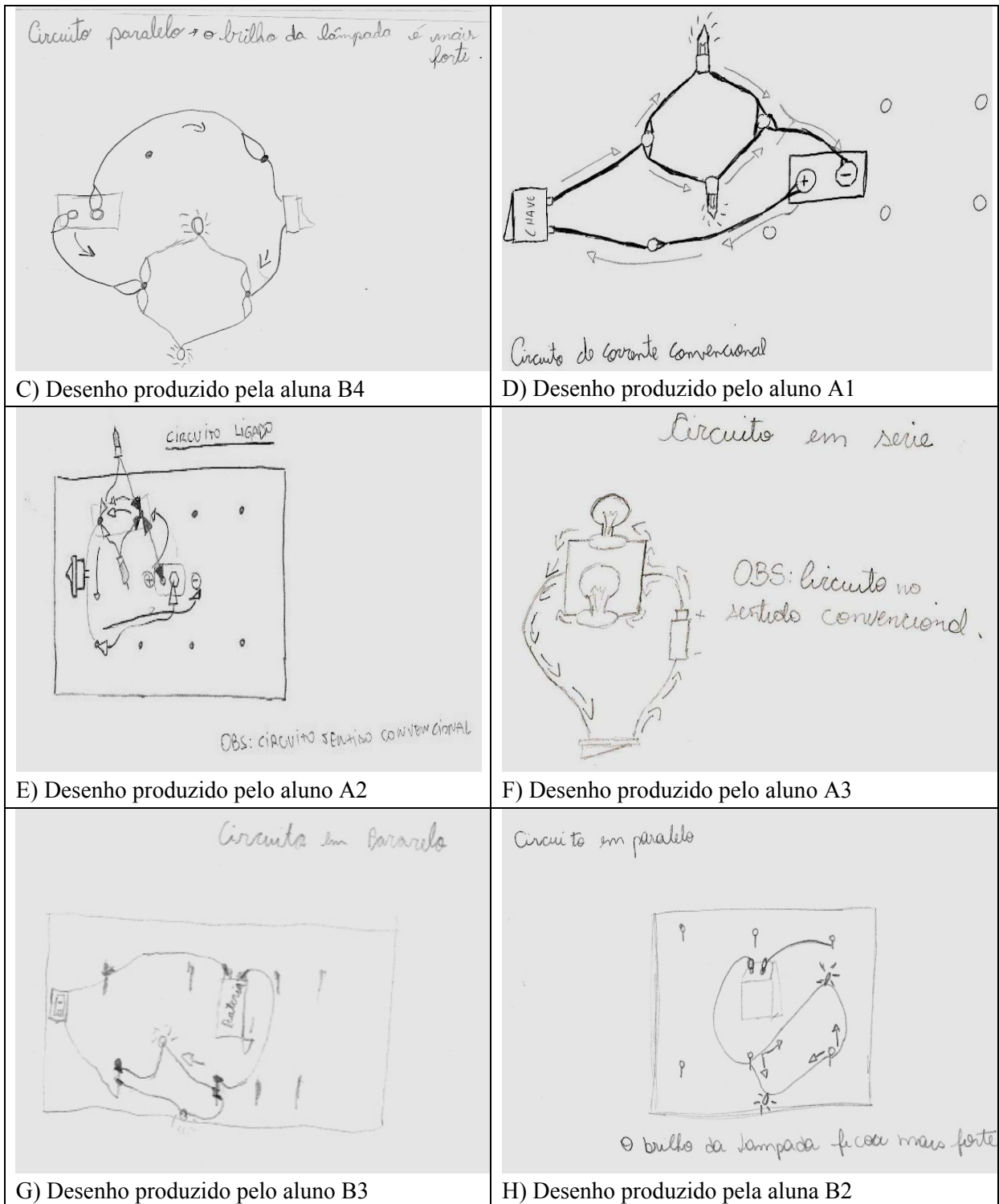
A quarta etapa proposta pelo professor aos alunos foi fazer um desenho de acordo a observação de um circuito elétrico real 3D, onde as lâmpadas formavam um sistema em paralelo, montado previamente pelo professor, conforme descrito no item 2.1 letra d. A voltagem da bateria sozinha (9V) já era conhecida conforme descrito na etapa anterior.

Vamos analisar todos os desenhos produzidos pelos alunos (grupo A e grupo B), bem como suas entrevistas. Também nesta etapa optamos por analisar inicialmente o grupo A e depois o grupo B e ao final das análises montar um quadro demonstrativo das dificuldades de entendimento (Quadro 04) e o que pôde ser solucionado pelas entrevistas/instruções realizadas após todos estes procedimentos.

A figura 12 a seguir mostra os desenhos produzidos pelos alunos feitos a partir da observação do circuito 3D com duas lâmpadas em paralelo apresentado pelo professor:

Figura 12 – Desenhos produzidos pelos alunos do circuito em paralelo





C) Desenho produzido pela aluna B4

D) Desenho produzido pelo aluno A1

E) Desenho produzido pelo aluno A2

F) Desenho produzido pelo aluno A3

G) Desenho produzido pelo aluno B3

H) Desenho produzido pela aluna B2

Os desenhos A e C, apresentados na figura 12 e produzidos, respectivamente, por B1 e B4, mostram que permanece uma noção de corrente elétrica saindo dos dois polos da bateria e colidindo dentro da lâmpada como vimos anteriormente nos desenhos do B1 na etapa 03. O desenho H (figura 12), produzido por B2, apresenta uma falha grave, indicando falta de atenção; nele os fios não estão ligando a bateria com as lâmpadas e

mesmo assim ela representa uma luminosidade indicando que as lâmpadas estão acesas. Os desenhos A, B, C, G e H (figura 12) apresentam uma falha de representação com relação aos polos positivo e negativo da bateria, o que não permite identificar se a corrente elétrica representada pelas setas é do tipo convencional ou real. Os desenhos B, D e F (figura 12) estão bem organizados e representam corretamente a corrente elétrica, inclusive na bifurcação dos fios, mostrando por meio das setas como a corrente elétrica se distribui para as duas lâmpadas.

A seguir apresentamos as entrevistas com os alunos do grupo A:

Entrevista com A1 sobre circuito em paralelo

PROFESSOR – Algumas conclusões que nós já temos sobre circuitos elétricos em paralelo. A voltagem não muda. A resistência... O que acontece com a resistência neste circuito em paralelo?

A1 – Diminui...

PROFESSOR – Certo, ela diminui. No caso de uma lâmpada ligada, a resistência é uma. Quando há duas lâmpadas ligadas em paralelo, a resistência do circuito cai pela metade, se as lâmpadas forem iguais. Agora o que precisa ser respondido é o que ocorre com a corrente elétrica em um circuito em paralelo com duas lâmpadas iguais?

A1 – A corrente elétrica divide entre as duas, não divide?

PROFESSOR – Exatamente. Neste caso a corrente elétrica dividindo entre as duas lâmpadas torna-se menor ou maior?

A1 – Maior!

PROFESSOR – Portanto, quando eu ligo duas lâmpadas em paralelo a resistência do circuito diminui e a corrente elétrica...?

A1 – Aumenta.

PROFESSOR – Dê um exemplo na nossa vida cotidiana deste tipo de circuito?

A1 – Nossa própria casa!

PROFESSOR – Então significa que quanto mais aparelhos eu ligo na tomada... O que ocorre com a corrente elétrica e com a resistência no circuito casa? Ou seja, pensando na corrente elétrica que está entrando lá no relógio.

A1 - A corrente vai ser maior!

PROFESSOR - A cada aparelho que é ligado na tomada e começa a funcionar aumenta a corrente elétrica. E a voltagem?

A1 – Continua a mesma.

A1 já apresenta as noções básicas para explicar corretamente um circuito em paralelo. Ele sabe que a resistência total do circuito diminui ao passo que aumenta o número de resistências (lâmpadas) em paralelo. Faz também uma associação correta em termos de estrutura da associação de resistências em paralelo com circuitos residenciais. Observamos, também, que ele tem domínio qualitativo da primeira lei de Ohm ao afirmar que quando a resistência do circuito diminui a corrente elétrica aumenta.

Entrevista com A2 sobre circuito em paralelo

PROFESSOR – Vejamos o seu circuito como está. Você representou um circuito em paralelo, o que você pode me dizer sobre as voltagens nas lâmpadas?

A2 – É a mesma.

PROFESSOR - É fácil de comprovar isto se nós usarmos o multímetro. O que está acontecendo com a corrente elétrica no circuito?

A2 – É a mesma?

PROFESSOR – A mesma como? Nós temos dois casos: o primeiro com uma lâmpada que vai passar uma corrente elétrica, certo? Agora eu ligo mais uma lâmpada o que muda neste caso?

A voltagem a gente já viu que é a mesma.

A2 – Não sei dizer...

A2 apresenta aqui uma dificuldade de entendimento sobre comportamento da corrente elétrica quando lâmpadas são associadas em paralelo. Esta dificuldade é sanada mais adiante quando o professor faz uma discussão geral de todos os pontos relacionados ao circuito misto. A2 parece não ter absorvido todos os conceitos discutidos na etapa anterior, então, na sequência, o professor opta por explicar sobre os polos positivo e negativo.

PROFESSOR – No seu desenho você fez uma seta do polo negativo para o positivo. Para você este representa o sentido convencional ou real da corrente elétrica? Qual partícula a gente entende que é capaz de circular pelos fios? Qual é o nome dela? Aqui eu tenho um polo positivo e outro negativo, a corrente elétrica sai de um polo e vai para o outro? Essa corrente elétrica é formada por quais partículas?

A2 - Negativas...

PROFESSOR – Como é o nome dela?

A2 – Elétron.

PROFESSOR – Portanto o movimento do elétron está associado ao tipo de corrente elétrica considerada a real, só que em circuitos elétricos o mais comum é representar a corrente elétrica no sentido convencional, portanto quando nós vamos montar um circuito elétrico, para ficar dentro do padrão estabelecido, ou seja, desenhar a seta que indica corrente elétrica do polo positivo para o negativo, justamente o inverso do que você fez.

Entrevista com A3 sobre circuito em paralelo com duas resistências

PROFESSOR - Vejamos aqui no seu desenho, você novamente fez uma pilha, ao invés do desenho de uma bateria. As setas se repartem para uma lâmpada e para outra lâmpada, o que significa esta repartição de setas que você fez?

A3 – Seria a resistência...?

PROFESSOR – Vamos começar de outra forma. O que aconteceu com a resistência deste circuito, aumentou ou diminuiu? Faça uma comparação pensando na questão anterior quando nós utilizamos apenas uma única lâmpada.

A3 – A resistência acabou aumentando...

PROFESSOR – Será?

A3 – Porque tão ligadas duas lâmpadas!

PROFESSOR – Muito bem, então vamos ver. Como eu meço resistência com o multímetro?

PROFESSOR – Esta resistência está em torno de 65Ω . Agora eu vou colocar o circuito em paralelo, tudo bem?

A3 – Tudo!

PROFESSOR – O que acha que vai acontecer?

A3 – Eu falei que ia aumentar...

PROFESSOR – (após a medida ser realizada) E aí, o que aconteceu?

A3 – Diminui! E bastante!

PROFESSOR – Se esta resistência diminuiu o que vai acontecer com a corrente elétrica? Você acha que ela vai ser maior ou menor do que quando nós temos apenas uma lâmpada?

A3 – Foi a mesma, não foi?

PROFESSOR – O que é a mesma é a voltagem. A voltagem não muda para o caso de uma lâmpada ou no caso de duas lâmpadas em paralelo. Você pode observar pelo multímetro,

vamos medir a voltagem de uma lâmpada e depois com duas. O multímetro mostra 8,9V de forma que não mudou a voltagem, mas a corrente elétrica muda, de que forma que ela muda?

A3 – Não sei...

A3 ainda não se apropriou da ideia de que a corrente elétrica muda de acordo com a resistência do circuito, ou seja, a conceito da primeira Lei de Ohm vista em teoria no primeiro semestre não está presente em suas respostas. No início da entrevista, ao ser perguntado sobre as setas e seu significado, responde equivocadamente associando-as a resistência ao invés de falar da corrente elétrica. E por fim quando perguntado sobre o que ocorre com a resistência geral do circuito ao acrescentamos mais lâmpadas em paralelo ele também responde erradamente falando que a resistência aumenta. A3 se apropria da ideia do que ocorre com a resistência total do circuito, ao perceber, usando o multímetro, que a resistência total em um sistema em paralelo com duas lâmpadas é menor do que de um circuito simples com uma lâmpada.

A seguir apresentamos as entrevistas com os alunos do grupo B.

Trecho da entrevista com B1 e com B4 sobre circuitos em paralelo

PROFESSOR – E aqui (em paralelo) a luminosidade é maior ou menor do que no sistema em série?

B1 – Menor.

PROFESSOR – Será? Vamos ver de novo.

B1 – Agora acho que é maior.

PROFESSOR – Por que é maior?

B1 – Porque agora elas não estão dividindo.

PROFESSOR – Ok! Se a bateria está fornecendo 9V, cada uma delas recebe...

B1 – Elas recebem os 9V.

PROFESSOR – Muito bem, as duas estão recebendo 9V.

Trecho da entrevista com B2 e B5 sobre o desenho dos circuitos paralelo.

PROFESSOR – Agora vamos voltar para o sistema em paralelo. O que aconteceu com a luminosidade das lâmpadas em relação ao circuito anterior?

B2 – Aumentou.

PROFESSOR – Quantos volts você acha que elas estão recebendo agora?

B2 – 90V porque elas estão no mesmo (polo).

PROFESSOR – Você quis dizer 9V certo?

B2 – É

PROFESSOR – A pilha só dá 9 volts?

B2 – (Risos) Ah, professor... Confunde!

(...) (...)

PROFESSOR – B2, você observou que no seu desenho as lâmpadas estão acesas, mas os fios não estão ligados?

B2 - Esqueci de ligar.

Trecho da entrevista com B3 sobre circuitos em paralelo

PROFESSOR – Quantos volts tem a bateria?

B3 – Quase 9V.

PROFESSOR – Isto significa que esta lâmpada recebe quanto neste momento?

B3 – Aproximadamente 4,5V.

PROFESSOR – Opa, este é um sistema em paralelo!

B3 – Ah, é! Mesma quantidade para as duas.

PROFESSOR – Isto mesmo, elas estão recebendo próximo de 9V cada uma.

B1 e B4 (figura 12A e 12C) têm dificuldade de associar a luminosidade da lâmpada com a voltagem. Este fato leva o professor a retornar por um instante ao sistema anterior (em série) e questioná-los sobre o que ocorre. Desta forma, ao final da instrução, fica elucidado que a luminosidade da lâmpada tem relação direta com a voltagem aplicada em seus terminais. B2 e B5 (figura 12H e 12B) compreendem o processo, mas se equivocam na resposta da voltagem da bateria ao falar 90V para uma bateria de 9V. B2, por sua vez, por falta de atenção deixa o circuito aberto e mesmo assim desenha as lâmpadas emitindo luz. B3 (figura 12G) ainda não apresenta compreensão do que ocorre com a voltagem, a princípio, confunde a voltagem dos sistemas em série e em paralelo quando responde 4,5V para o sistema em paralelo, sua resposta só é refeita quando o professor o alerta da diferença.

Com os alunos do grupo B o professor manteve seu foco no entendimento do que ocorria com a voltagem no circuito em paralelo e qual era a diferença em relação ao circuito em série. No Quadro 04 explicitamos as principais dificuldades de entendimento observadas no processo de mudança representacional envolvendo o circuito em paralelo e

como o desenho em conjunto com o apoio e instruções dadas pelo professor favoreceram o entendimento do aluno.

Quadro 4 – Dificuldades de entendimento dos alunos em circuitos em paralelo

Mudança de Representação	Dificuldade de Entendimento Observada no Processo	Pontos que o desenho, em conjunto com a instrução simultânea, favoreceu entendimento do aluno
<p>Do circuito elétrico em paralelo real (representação 3D) para o desenho (representação pictórica)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - B1 e B4 mostram que permanece uma noção de corrente elétrica saindo dos dois polos da bateria e colidindo dentro da lâmpada. - Por falta de atenção B2 produz um desenho com lâmpadas acesas, mas desconectadas da bateria. - A2 apresenta uma dificuldade de entendimento sobre comportamento da corrente elétrica quando lâmpadas são associadas em paralelo. - A3 ainda não se apropriou da ideia de que a corrente elétrica muda de acordo com a resistência do circuito. E, também, responde erradamente sobre o que ocorre com a resistência geral do circuito no caso de lâmpadas em paralelo. - Os desenhos produzidos por B1, B5, B4, B3 e B2 apresentam uma falha de representação com relação aos polos positivo e negativo da bateria, o que não permite identificar se a corrente elétrica representada pelas setas é do tipo convencional ou real. 	<ul style="list-style-type: none"> - Para os alunos do grupo B a noção de voltagem aplicada aos circuitos em paralelo foi o ponto mais questionado pelo professor para elucidar diferença de luminosidade nas lâmpadas. - Para os alunos do grupo A o professor soluciona a questão do que ocorre com a resistência total do circuito com o uso de multímetro, mostrando que a resistência total em um sistema em paralelo com duas lâmpadas é menor do que de um circuito simples com uma lâmpada. - Como o aluno A2 parece não ter absorvido todos os conceitos discutidos na etapa anterior o professor opta por rever as noções de polo positivo e negativo. - A1 é destaque nesta etapa da pesquisa demonstrando estar um passo a frente dos colegas com domínio e entendimento qualitativo do que ocorre com a resistência total, voltagem e corrente elétrica no circuito em paralelo.

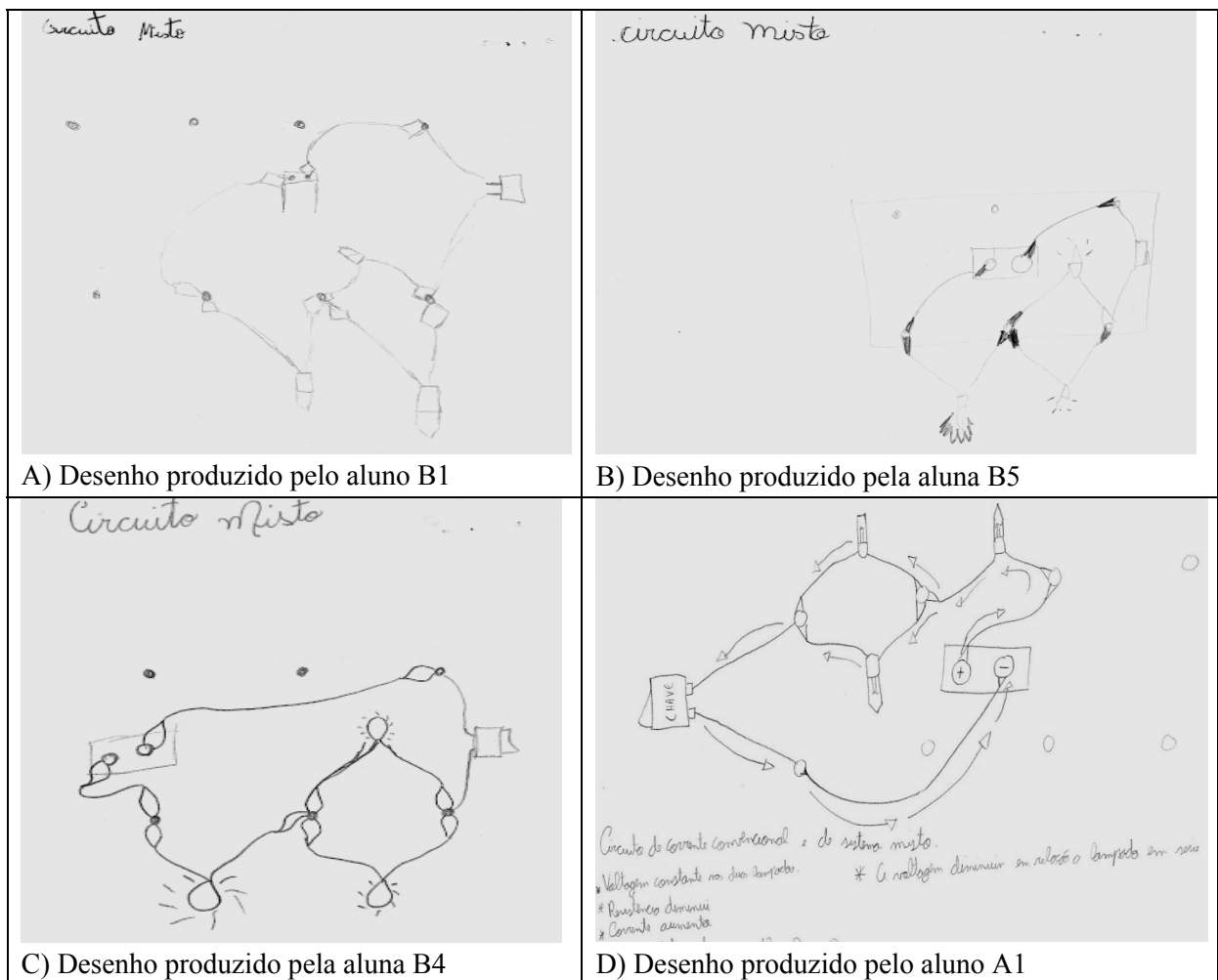
3.4 ETAPA 5

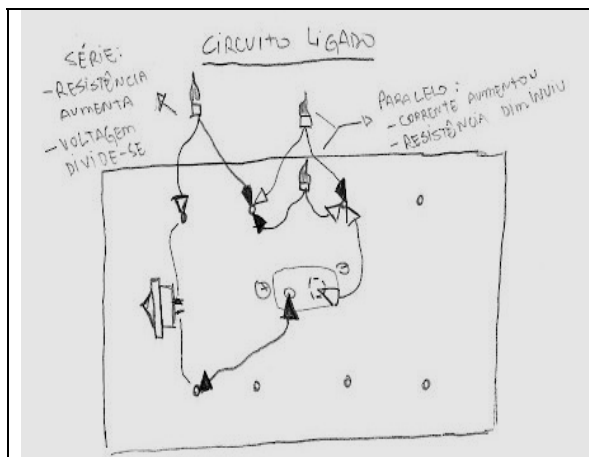
A quinta etapa proposta pelo professor aos alunos foi a de fazer um desenho de acordo a observação de um circuito elétrico real, montado previamente pelo professor, conforme descrito no item 2.1 letra e.

Todos os desenhos produzidos pelos alunos (grupo A e grupo B), bem como suas entrevistas foram analisados na sequência. Ao final das análises montamos um quadro (Quadro 05) demonstrativo das dificuldades de entendimento e o que pôde ser solucionado pelas entrevistas/instruções realizadas após todos estes procedimentos.

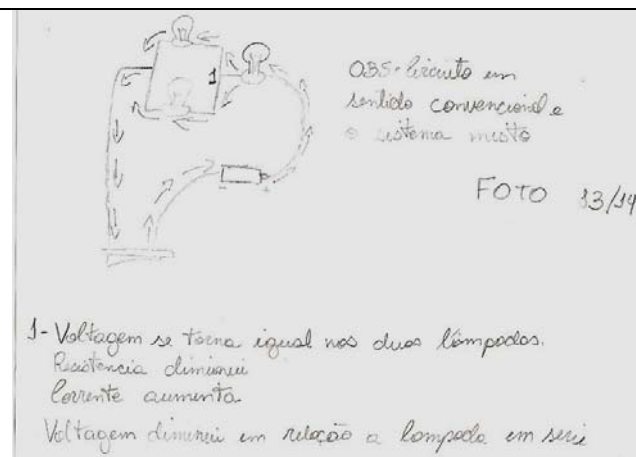
A figura 13 a seguir mostra os desenhos produzidos pelos alunos observando os circuitos mistos:

Figura 13 – Desenhos produzidos pelos alunos do circuito em misto.

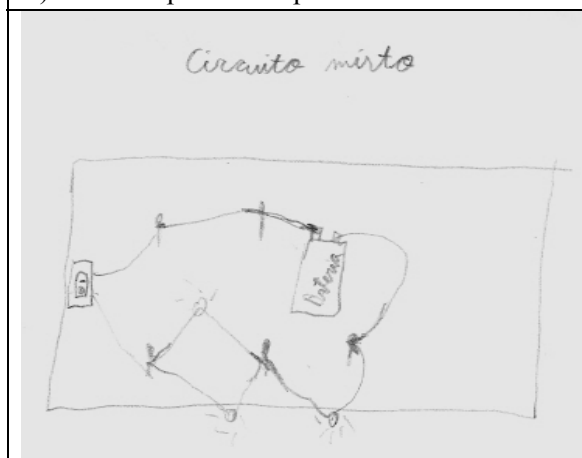




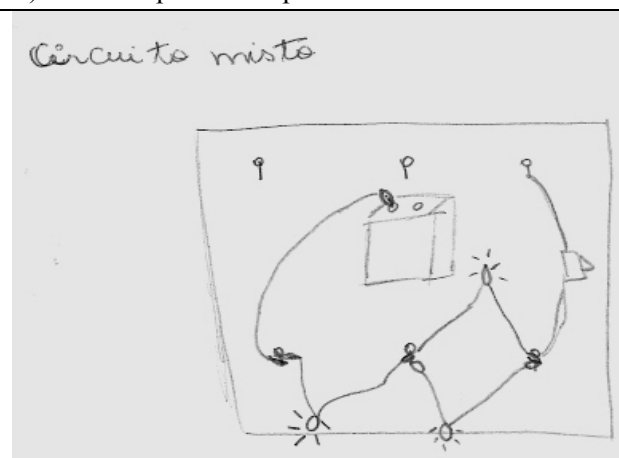
E) Desenho produzido pelo aluno A2



F) Desenho produzido pelo aluno A3



G) Desenho produzido pelo aluno B3



H) Desenho produzido pela aluna B2

A seguir apresentamos as entrevistas com os alunos do grupo A.

Trecho da entrevista com A2 sobre circuito misto

PROFESSOR – Muito bem, A2, aqui nós temos um circuito elétrico misto, você sabe me dizer por que ele é chamado assim?

A2 – Porque tem dois tipos de associação.

PROFESSOR – Onde está, neste circuito, a associação em série e onde está em paralelo?

A2 – Aqui é em série (lâmpada sozinha) e aqui é em paralelo (duas lâmpadas).

PROFESSOR – Conclusão, onde tem apenas uma lâmpada no circuito é a parte em série e onde tem duas juntas é a parte em paralelo. O que acontece com a resistência do circuito neste ponto aqui, no ponto onde começa a associação em paralelo? Se todas as lâmpadas são iguais, aqui eu tenho uma resistência, o que aconteceu com a resistência neste ponto onde o circuito se divide em duas lâmpadas?

A2 – Diminuiu!

PROFESSOR – Neste ponto aqui (lâmpadas em paralelo) eu tenho uma resistência menor, vocês concordam?

PROFESSOR – Vamos fazer um desenho para entender melhor a questão. Colocamos aqui no papel uma resistência em série e outras duas em paralelo ligadas nela. Vocês concordam que as resistências que estão nestes terminais (lâmpada sozinha) e neste outros terminais (lâmpadas em paralelo) são diferentes, certo? Em que ponto a resistência é maior?

A2 – Na parte que a lâmpada está em série ela é maior.

PROFESSOR – O que acontece com a voltagem? Onde eu tenho maior voltagem, nos terminais de uma lâmpada só ou nos terminais com as duas lâmpadas em paralelo?

A2 – (Sem resposta)

PROFESSOR – Sendo assim vamos recorrer ao multímetro para solucionar este problema. Medida nos terminais em paralelo 1,5 V, agora medido nos terminais da lâmpada em série 4,5V. Conclusão a voltagem aqui (lâmpada sozinha) é maior, portanto onde tem uma lâmpada sozinha a voltagem é maior. O que isto tem a ver com a luminosidade?

A2 – Na associação em paralelo a corrente aumenta.

PROFESSOR – Vejamos o que está ocorrendo no circuito como um todo. Aqui a corrente sai da bateria passa pela primeira lâmpada em série e chega à junção das duas lâmpadas em paralelo onde ela se divide, ou seja, a corrente elétrica vai um pouco para uma lâmpada e outro pouco para a outra lâmpada da associação em paralelo. Enfim esta é a explicação por que a luminosidade é menor?

A2 – Acho que não seria a principal. A resistência também diminui.

PROFESSOR – Então, o que acontece com a resistência onde ela está em paralelo?

A2 – Diminui.

PROFESSOR – No entanto a primeira lâmpada funciona como uma limitadora da passagem da corrente elétrica provocando baixa luminosidade nas lâmpadas em paralelo. E também a voltagem na parte paralela do circuito misto é bem menor do que na parte em série. O que nós confirmamos pelo multímetro, ou seja, para a luminosidade ser igual, como as lâmpadas são iguais, a voltagem também deveria ser igual.

A2 avançou significativamente no entendimento dos elementos do circuito elétrico. Ele reconheceu a disposição das lâmpadas no sistema misto e soube classificá-las como em série e em paralelo de acordo a sua ligação nos terminais (figura 13E). Nós associamos esta compreensão e bom desempenho do aluno ao fato dele ter desenvolvido

inicialmente a representação pictórica do circuito elétrico. A noção quantitativa de redução da resistência quando ligada em paralelo foram expressas adequadamente. No entanto, quando o professor pergunta: “*O que acontece com a voltagem? Onde eu tenho maior voltagem, nos terminais de uma lâmpada só ou nos terminais com as duas lâmpadas em paralelo?*” o aluno ficou em silêncio. Para esclarecer esta questão o professor optou, novamente, pelo uso do multímetro que demonstra quantitativamente que o valor da voltagem é maior nos terminais da lâmpada que está sozinha do que nos terminais das duas lâmpadas em ligadas paralelo.

Trecho da entrevista com A3 e A1 sobre circuito misto

PROFESSOR – O que vocês montaram neste desenho de circuito?

A3 – Um circuito misto.

PROFESSOR – De que forma que ele é misto? Ou seja, um circuito misto tem que estar em série e em paralelo ao mesmo tempo. De que forma vocês estão visualizando isto aqui no seu desenho?

A3 – Aqui está em série (mostrando uma resistência sozinha ligada a duas outras em paralelo)

PROFESSOR – Então neste ponto aqui, ou seja, deste terminal até este só tem uma lâmpada, portanto, entre este terminal e este outro a lâmpada está em série. Deste ponto em diante o circuito abre em duas lâmpadas que, portanto, estão em paralelo. Supondo agora uma análise da corrente elétrica convencional, ou seja, que sai do polo positivo quando ela passa dentro da primeira lâmpada eu posso dizer que neste instante ela é única, pois só existe um caminho para ela (corrente elétrica). Agora quando ela chega neste ponto de bifurcação, o que acontece com a corrente elétrica?

A3 – Ela se divide. Um pouco para uma lâmpada e outro pouco para outra.

PROFESSOR – Outra pergunta: Aqui nós temos o terminal da parte que está em série e o terminal da parte que está em paralelo, o que acontece com as voltagens?

A3 – A voltagem nestes terminais?

PROFESSOR – Isto!

PROFESSOR – Esta voltagem nestes terminais é a mesma voltagem na bateria, você concorda?

A3 – Sim!

PROFESSOR – E a voltagem entre os terminais que separam as resistências?

A3 – Vai ser a voltagem apenas desta lâmpada.

PROFESSOR – Vamos mudar o foco da pergunta. Onde tem mais resistência, ou seja, onde a resistência é maior nestes terminais onde a lâmpada está sozinha ou neste outro onde existem duas lâmpadas em paralelo?

A3 – Onde está sozinha!

PROFESSOR – E a voltagem é maior ou menor neste mesmo ponto?

A3 – Menor.

PROFESSOR – Então vamos verificar com o multímetro. Entre os terminais com apenas uma lâmpada marca 4,8 V e onde tem duas lâmpadas em paralelo marca 1,7V, ou seja...

A3 – A voltagem também diminui onde tinha duas lâmpadas. Isto significa que a voltagem nos terminais de uma lâmpada é maior do que onde tem duas em paralelo?

PROFESSOR – Pois bem, vamos entender o que está ocorrendo no circuito misto. Nós pudemos observar que a voltagem entre os terminais com uma lâmpada sozinha no sistema misto deu 4,8V e nos terminais onde as lâmpadas estão em paralelo deu 1,7 V, isto quer dizer que, nesta parte do circuito onde tem duas lâmpadas em paralelo a voltagem é menor por que a resistência é menor e nos terminais da lâmpada sozinha a voltagem deu maior por que a resistência é maior. Vamos olhar esta folha de papel, se vocês observarem bem, aqui existe uma resistência que logo em seguida o circuito abre em dois, o que nós chamamos de paralelo, passa pelas lâmpadas junta novamente e volta para a bateria. Acontece o seguinte, este entroncamento aqui, é que vai me dar a diferença de voltagem, ou seja, voltagem 1 e 2. Portanto a voltagem 1 está para resistência 1 que esta sozinha, no entanto, a voltagem 2, está para a duas resistência em paralelo onde, em seu conjunto, a resistência é bem menor, no caso, a metade! O conjunto de duas resistências em paralelo está em série com a resistência sozinha e pela fórmula que já vimos na sala de aula, $U=R.i$, que é a primeira lei de Ohm, temos que onde a resistência é maior a voltagem é maior, onde a resistência é menor a voltagem é menor. É por isso que nossa medida de voltagem deu maior para a lâmpada sozinha do que para as duas lâmpadas em paralelo. Conclusão, em um circuito em série, onde a resistência é maior a voltagem é maior também.

PROFESSOR – Nós podemos dizer que a corrente elétrica aumentou ou diminui em relação a um circuito em série onde não aparece esta parte (duas em paralelo)?

A3 – Quando aparece a parte mista a corrente aumentou.

PROFESSOR – Certo, como na parte em paralelo do circuito misto reduz o valor da resistência do circuito como um todo, então, a corrente elétrica tem que ser maior.

PROFESSOR - Como última pergunta de hoje, o que acontece com a luminosidade das lâmpadas?

A3 – Onde tem duas lâmpadas em paralelo a luminosidade é menor.

PROFESSOR – Qual a explicação para este fato?

A3 – A corrente elétrica na parte paralela esta sendo cortada para duas.

PROFESSOR – E a voltagem tem algum efeito no circuito?

A3 – Sim

PROFESSOR – A voltagem que está sendo fornecida pela bateria distribui-se como pelo circuito?

A3 - Existe diferença.

PROFESSOR – Concluindo: onde existem duas lâmpadas em paralelo a voltagem é menor e onde tem uma lâmpada sozinha em série com as outras duas a voltagem é maior. Portanto, onde a lâmpada está sozinha a voltagem é...

A3 – Maior.

PROFESSOR – E onde as lâmpadas estão em paralelo, a voltagem é...

A3 – Menor.

PROFESSOR – Então, pensando em voltagem, qual a explicação para a luminosidade ser menor?

A3 – Pela voltagem ser menor.

Os alunos A3 e A1 reconhecem facilmente a parte correspondente em série e em paralelo do circuito misto e também respondem corretamente sobre o que ocorre com a corrente elétrica na bifurcação de ligação entre as duas lâmpadas em paralelo (figura 13D e 13F). Na sequência, o professor questiona em que ponto do circuito a resistência é maior, onde as duas lâmpadas estão em paralelo ou onde a lâmpada está sozinha e os alunos respondem acertadamente onde a lâmpada está sozinha. No entanto, quando indagados sobre a voltagem, surge a primeira dificuldade de entendimento, eles supõem erradamente que a voltagem é menor para a lâmpada que está sozinha em relação às duas que estão em paralelo no circuito misto. Para solucionar esta questão, o professor fez uso do multímetro mostrando os valores dos pontos em questão e esclarece que a voltagem é maior para a lâmpada sozinha do que para as duas em paralelo. A entrevista/instrução é concluída quando os alunos conseguem associar esta explicação ao fato de a luminosidade ser maior para a lâmpada sozinha e menor para as lâmpadas em paralelo quando dispostas num circuito misto com três lâmpadas.

A seguir apresentamos as entrevistas com os alunos do grupo B.

Trecho da entrevista com B2 e B5 sobre o circuito misto

PROFESSOR – Ligando este circuito aqui, o que vocês estão observando?

B2 – Uma está mais forte e outra está mais fraca.

PROFESSOR – Esta parte do circuito vocês estão reconhecendo como o quê? Em série ou em paralelo?

B2 – Em série...

PROFESSOR – Nós fizemos dois desenhos um em série, outro em paralelo.

B2 – Tá em paralelo.

PROFESSOR – Esta parte aqui?

B2 – É.

PROFESSOR – Está em paralelo para vocês?

B2 – Sim.

PROFESSOR – Esta parte, portanto, é...?

B2 – Série.

PROFESSOR – Qual destas partes aqui está recebendo maior voltagem?

B2 – A parte que está em série...

PROFESSOR – Por quê?

B2 – Por que a luz tá mais forte!

PROFESSOR – O que aconteceria se eu tirasse uma lâmpada desta? (da parte em paralelo).

B2 – Vai apagar todas.

B5 – Acho que não, vai apagar só aquela lá.

PROFESSOR – Será que o brilho das lâmpadas vai mudar?

B2 – Acho que vai.

PROFESSOR – O que você acha que vai acontecer com o brilho da lâmpada?

B2 – Acho que vai aumentar, porque não passa tanta voltagem!

PROFESSOR – Olhem, o brilho aumentou! Então, como podemos explicar isto?

B2 – O brilho...

PROFESSOR – O brilho das duas ficou igual, e o circuito ficou em...

B2 – Série.

PROFESSOR – Portanto no circuito anterior (misto) a voltagem nos terminais das duas lâmpadas em paralelo era...?

B2 – Menor.

B2 e B5 apresentaram um bom entendimento da montagem do circuito misto, apesar de B2 ter cometido um erro de ligação no seu desenho (figura 13C e 13H). Elas reconheceram corretamente a disposição das lâmpadas e também expressaram corretamente que a voltagem é maior para a lâmpada sozinha em relação a outras duas em paralelo ligadas a ela. Como recurso adicional, o professor resolveu propor a retirada de uma lâmpada dentre as duas que estão em paralelo no circuito 3D para questioná-las sobre a voltagem. B2 achou que todas iriam apagar enquanto B5 respondeu que só apagaria a que saísse do circuito. Após a retirada da lâmpada, elas observaram que a luminosidade aumentou, e quando questionadas sobre o ocorrido responderam corretamente que no sistema misto a voltagem entre as lâmpada em paralelo é menor que para a lâmpada sozinha.

Trecho da entrevista com B3 sobre circuito misto

PROFESSOR – Este circuito é de que tipo?

B3 – Misto.

PROFESSOR – Por que você acha que ele é misto?

B3 – Porque tem duas lâmpadas acesas mais fracas e outra mais forte.

PROFESSOR – Vamos estudar mais de perto este circuito. Uma parte está em série e outra em paralelo. Onde está em paralelo?

B3 – Estas duas lâmpadas aqui.

PROFESSOR – Certo! Elas estão em paralelo e ao mesmo tempo as duas estão em série com esta outra aqui, certo?

B3 – Certo.

PROFESSOR – Em qual destas partes do circuito a luminosidade é menor?

B3 – É onde as lâmpadas estão em paralelo.

PROFESSOR – Por quê?

B3 – Porque divide entre os dois.

PROFESSOR – Divide a voltagem, certo? Agora, se eu remover uma das lâmpadas que está em paralelo, deixando apenas uma em série com a outra, o que vai acontecer?

B3 – Vão ficar com a mesma luminosidade.

PROFESSOR – Porque as duas lâmpadas estão recebendo a mesma...

B3 – Voltagem.

Na situação relatada, B3 conseguiu relacionar corretamente a intensidade do brilho da lâmpada com o valor da voltagem a que ela está submetida e fica subentendido que

ele associa a voltagem menor (dentro do circuito misto) onde as duas lâmpadas estão ligadas em paralelo, pois quando o professor perguntou: “*Em qual destas partes do circuito a luminosidade é menor?*” ele respondeu corretamente: “*É onde as lâmpadas estão em paralelo*”.

Na sequência, o professor fez questionamentos sobre a corrente elétrica em especial sobre o porquê ele não ter representado isso em seu desenho. Ele responde que foi por esquecimento e que se fosse representá-la seria do polo positivo para o negativo, indicando o sentido convencional corretamente.

PROFESSOR – Dentro da bateria é produzida a voltagem que induz corrente elétrica no fio. Qual das partículas: elétrons, prótons e nêutrons é que são capazes de transitar pelos fios?

B3 – Elétrons.

PROFESSOR – Quando a bateria é ligada, a corrente elétrica sai de qual polo e vai para qual polo?

B3 – Ela sai do positivo e vai para o negativo.

PROFESSOR – Esta é a chamada corrente elétrica convencional. A bateria tem polo positivo e negativo, qual o significado de polo para vocês?

B3 – O polo positivo é o que fornece (cargas)... Depois ela volta pelo negativo.

PROFESSOR – E se pensarmos em termos de partículas elétrons e prótons, o elétron tem qual carga?

B3 – Positivo.

PROFESSOR – Tem certeza?

B3 – Não, não. É negativo.

PROFESSOR – Pensando nas partículas, eu posso dizer que o polo negativo tem mais partículas do tipo...?

B3 – Elétrons.

PROFESSOR – Legal, o polo negativo é um local que tem excesso de elétrons e o polo positivo tem excesso de prótons ou cargas positivas. Pensando nisto, o que é a corrente elétrica?

B3 – É que fornece energia.

PROFESSOR – Tudo bem tem a ver com energia, mas a corrente elétrica, dentro de tudo isto que nós estudamos, é o movimento das cargas negativas chamadas elétrons de um polo até outro.

PROFESSOR – Quem é que transita pelos fios, formando esta corrente elétrica? O nome da partícula?

B3 – Elétrons.

PROFESSOR – Em seu desenho do sistema misto, as lâmpadas aparecem ligadas (com luminosidade), mas você não representa a corrente elétrica, por quê?

B3 – Deveria ter feito uma flechinha, mas esqueci.

PROFESSOR – Para você representar a corrente no sentido convencional, a seta estaria em qual sentido?

B3 – Do positivo para o negativo.

Observamos na figura 13, que os alunos B1, B5, B4, A2, B3 e B2 produzem desenhos sem indicar o sentido da corrente elétrica. Os polos positivos e negativos também não aparecem nos desenhos A, B, C, G e H da figura 13. Ao que tudo indica, estes alunos se concentraram mais na parte visível e na posição dos elementos do circuito e se esqueceram de representar o que ocorria dentro da bateria e dos fios como foi proposto inicialmente.

Por outro lado, os alunos A1 e A3 (figura 13D e 13F) apresentam um desenho bem completo indicando corretamente: a posição dos elementos do circuito, polos positivo e negativo da bateria, passagem da corrente elétrica no sentido convencional, divisão da corrente elétrica para a parte paralela do circuito, além de escreverem legendas com explicações corretas do que está ocorrendo com a voltagem, com a resistência e com a corrente elétrica no circuito. Eles fazem uma comparação entre o sistema em série com duas lâmpadas e este sistema misto e descrevem acertadamente uma redução na resistência elétrica aumento na corrente elétrica. Percebemos que, para A1 e A3, a representação pictórica, aqui, foi muito eficaz na aprendizagem dos alunos, pois criou um envolvimento com o tema e proporcionou subsídios para que o educando demonstrasse seu entendimento de uma forma simples. Esta simplicidade da representação por meio de desenho com conseqüente proximidade do entendimento do aluno nos remete ao caráter icônico do desenho na aprendizagem dos circuitos elétricos.

A seguir apresentamos o quadro 05 com as dificuldades encontradas nesta etapa e como o desenho em conjunto com o apoio e instrução dados pelo professor favoreceram o entendimento do aluno:

Quadro 5 – Dificuldades de entendimento dos alunos em circuitos mistos.

Mudança de Representação	Dificuldade de Entendimento Observada no Processo	Pontos que o desenho, em conjunto com a instrução simultânea, favoreceu entendimento do aluno
Do circuito elétrico misto real (representação 3D) para o desenho (representação pictórica)	<ul style="list-style-type: none"> - B1, B5, B4, A2, B3 e B2 produziram desenhos sem indicar o sentido da corrente elétrica. - Os polos positivos e negativos também não apareceram nos desenhos A, B, C, G e H da figura 13. Ao que tudo indica estes alunos se concentraram mais na parte visível e na posição dos elementos do circuito se esquecendo de representar o que ocorria dentro da bateria e dos fios como foi a proposta inicial. - A2, A3 e A1 ainda apresentam dificuldades com relação à noção de voltagem no circuito elétrico e como ela é modificada pela disposição das lâmpadas. - Novamente, B2, por falta de atenção, desenhou um circuito aberto com lâmpadas acesas. 	<ul style="list-style-type: none"> - A maioria dos alunos conseguiu representar as posições das lâmpadas no sistema misto corretamente, a não ser B2, que esqueceu uma conexão deixando o circuito aberto. - A relação entre a luminosidade das lâmpadas e a voltagem associada a elas foi o ponto forte em todas as entrevistas, resultando em um esclarecimento completo aos alunos. - Novamente o professor fez uso de um recurso extra, o multímetro, para auxiliar na instrução sobre o valor da voltagem que cada lâmpada estava sendo submetida. - A1 e A3 demonstram em seus desenhos um amadurecimento no entendimento das noções básicas relacionadas a circuitos elétricos. Eles representam corretamente a distribuição da corrente elétrica e ainda complementam seus desenhos com legendas explicativas sobre o que está ocorrendo com a resistência e voltagem no circuito.

3.5 ETAPA 6

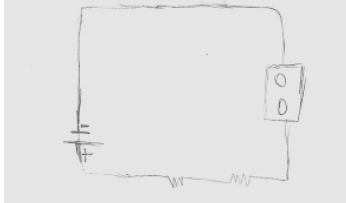
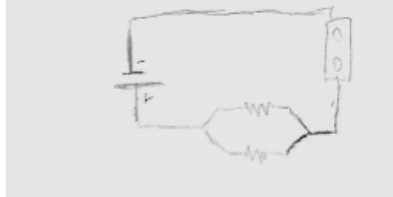

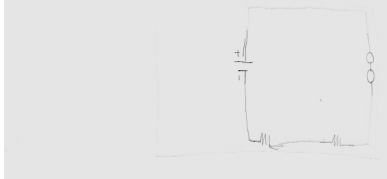


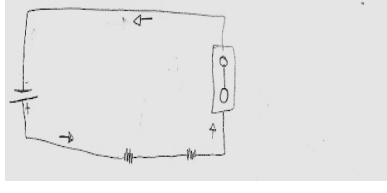
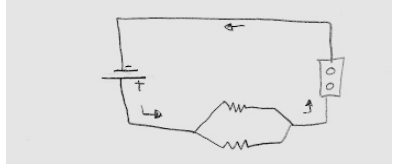
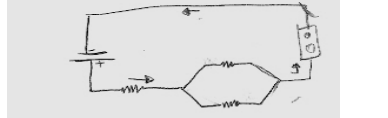
Como visto na metodologia (item 2.1, letra F), a sexta etapa versou, inicialmente, de uma detalhada revisão dos elementos que constituem os circuitos elétricos. O pesquisador deu instruções sobre os símbolos próprios utilizados no estudo da eletricidade para representar cada elemento do circuito. Uma tabela contendo o nome do componente, sua representação simbólica e a sua função dentro do circuito elétrico foram estabelecidos em uma legenda no quadro do laboratório (figura 08). Na sequência, por meio desta legenda, com o apoio dos desenhos já produzidos e instruções dadas pelo professor ao longo do processo, o pesquisador solicitou aos alunos que, diante do mesmo circuito elétrico 3D, apresentado nas etapas 3, 4 e 5, elaborassem uma representação esquemática do mesmo, utilizando-se dos


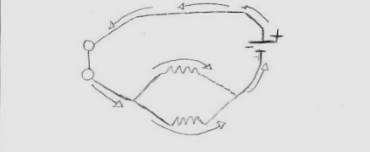
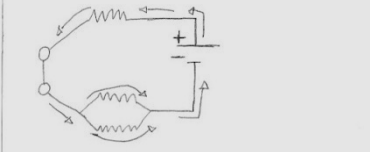
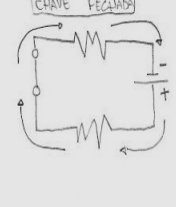
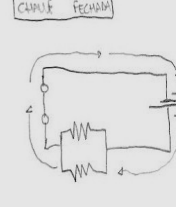
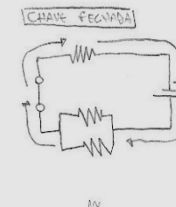
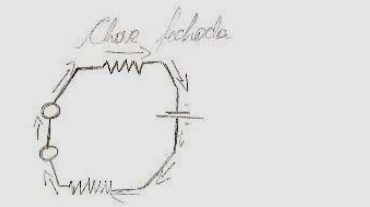

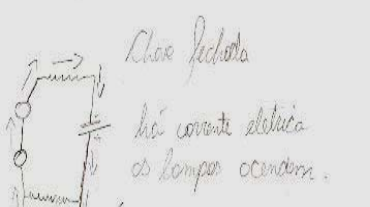
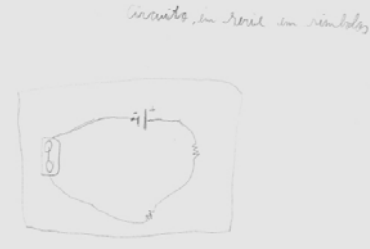

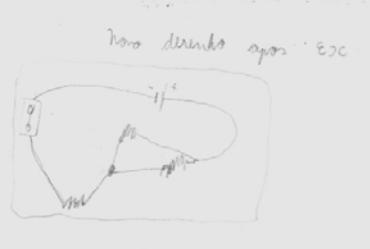
símbolos padrões de cada componente do circuito. A finalidade desta etapa é investigar as dificuldades conceituais encontradas pelos alunos ao mudar da representação 3D para a representação esquemática e verificar como o desenho, feito nas etapas anteriores, colaborou no processo de aprendizagem.

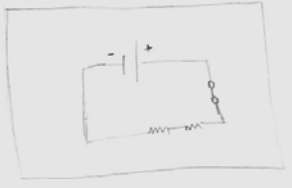
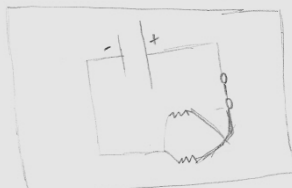
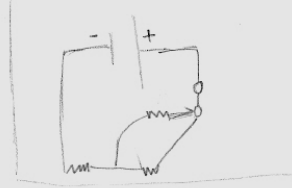
Todos os desenhos produzidos pelos alunos (grupo A e grupo B), bem como suas entrevistas foram analisados na sequência. Ao final das análises montamos um quadro (Quadro 06) demonstrativo das dificuldades de entendimento que ainda persistem e também os avanços alcançados

A figura 14 a seguir mostra os esquemas produzidos pelos alunos observando a representação 3D:

Figura 14 – Esquemas elétricos produzidos pelos alunos dos circuitos em série, em paralelo e misto.

<p><i>Circuito em série (símbolos)</i></p> 	<p><i>Circuito Paralelo</i></p> 	<p><i>Circuito misto</i></p> 
<p>A1) Esquema em série produzido por B1.</p>	<p>A2) Esquema em paralelo produzido por B1.</p>	<p>A3) Esquema misto produzido por B1.</p>
<p><i>Circuito em série em símbolos</i></p> 	<p><i>Circuito em paralelo utilizando símbolos</i></p> 	<p><i>Circuito misto utilizando os símbolos</i></p> 
<p>B1) Esquema em série produzido por B5.</p>	<p>B2) Esquema em paralelo produzido por B5.</p>	<p>B3) Esquema misto produzido por B5.</p>
<p><i>Circuito em série e uso dos símbolos</i></p> 	<p><i>Circuito paralelo</i></p> 	<p><i>Circuito misto</i></p> 

<p>C1) Esquema em série produzido por B4.</p>	<p>C2) Esquema em paralelo produzido por B4.</p>	<p>C3) Esquema misto produzido por B4.</p>
 <p>Chave fechada sistema em série corrente convencional. deixa passar corrente, fazendo com que as lâmpadas acendam.</p>	 <p>Chave fechada sistema em paralelo corrente convencional deixa passar corrente, fazendo com que as lâmpadas acendam.</p>	 <p>Chave fechada sistema misto corrente convencional passa corrente, fazendo com que as lâmpadas acendam.</p>
<p>D1) Esquema em série produzido por A1.</p>	<p>D2) Esquema em paralelo produzido por A1.</p>	<p>D3) Esquema misto produzido por A1.</p>
 <p>POSSUI CORRENTE ELÉTRICA POR CAUSA QUE A CHAVE ESTAR FECHADA E AS LÂMPADAS ESTÃO ACESAS.</p>	 <p>POSSUI CORRENTE ELÉTRICA POR A CHAVE ESTAR FECHADA E AS LÂMPADAS ESTÃO ACESAS.</p>	 <p>POSSUI CORRENTE ELÉTRICA POR CAUSA QUE A CHAVE ESTAR FECHADA E AS LÂMPADAS ESTÃO ACESAS.</p>
<p>E1) Esquema em série produzido por A2.</p>	<p>E2) Esquema em paralelo produzido por A2.</p>	<p>E3) Esquema misto produzido por A2.</p>
 <p>há corrente elétrica os lâmpadas acendem (corrente no sentido convencional)</p>	 <p>há corrente elétrica por causa que a chave está fechada e as lâmpadas estão acesas. (corrente no sentido convencional)</p>	 <p>há corrente elétrica os lâmpadas acendem. (corrente no sentido convencional)</p>
<p>F1) Esquema em série produzido por A3.</p>	<p>F2) Esquema em paralelo produzido por A3.</p>	<p>F3) Esquema misto produzido por A3.</p>
<p>circuito em série em símbolos</p> 	<p>circuito em paralelo em símbolos</p> 	<p>nos derivados após etc</p> 
<p>G1) Esquema em série produzido por B3.</p>	<p>G2) Esquema em paralelo produzido por B3.</p>	<p>G3) Esquema misto produzido por B3.</p>

<p><i>Circuitos em série com símbolos</i></p> 	<p><i>Sistema em paralelo com símbolos</i></p> 	<p><i>Circuitos misto com símbolos</i></p> 
<p>H1) Esquema em série produzido por B2.</p>	<p>H2) Esquema em paralelo produzido por B2.</p>	<p>H3) Esquema misto produzido por B2.</p>

A seguir apresentamos as entrevistas com os alunos do grupo A.

Trecho da entrevista com A1 sobre a mudança de representação dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto do real (3D) para o esquema

PROFESSOR – A1, o seu primeiro esquema elétrico é um sistema em série, nós fizemos desenhos com a chave aberta e com a chave fechada no encontro anterior, o que você pode dizer da função do desenho, ele facilitou ou não o seu entendimento na hora de montar este esquema elétrico?

A1 – Facilitou bem mais!

PROFESSOR – De que forma o desenho criou facilidades? Qual foi, em sua opinião, o ponto principal?

A1 – O posicionamento das lâmpadas, da bateria, a localização mesmo.

PROFESSOR – Agora, quando nós introduzimos os símbolos: da bateria, resistência, houve alguma dificuldade em se adaptar a eles?

A1 – Não, foi normal, porque eu já sabia pra que lado ia a corrente.

PROFESSOR – Você conseguiu associar os símbolos que nós colocamos no quadro com os elementos que estão no circuito?

A1 – Sim!

PROFESSOR – O desenho também te ajudou nesta etapa de entendimento dos símbolos?

A1 – Bem... O esquema aqui montado e o desenho anterior facilitou bastante. O que eu tinha antes feito no desenho, agora foi só substituir pelos fios.

PROFESSOR – Então foi algo direto, simples até, de fazer?

A1 – Sim!

PROFESSOR – Vamos recordar o sistema em paralelo. O que você pode observar em relação ao brilho das lâmpadas? Vamos fazer uma comparação entre o sistema em série com duas lâmpadas e o sistema em paralelo, qual deles apresentou o maior brilho?

A1 – Paralelo.

PROFESSOR – Isto se deve a quê?

A1 – A maior corrente... Maior resistência...

PROFESSOR – E a voltagem? Ela tem algum envolvimento?

A1 – Não.

PROFESSOR – Por exemplo: no sistema em série você tem duas lâmpadas e no sistema em paralelo também tem duas lâmpadas, as lâmpadas estão recebendo a mesma voltagem?

A1 – Não, em paralelo divide!

PROFESSOR – Aqui (esquema em paralelo) divide o quê? Corrente ou voltagem?

A1 – Corrente!

PROFESSOR – Se a corrente divide, o que ocorre com a voltagem?

A1 – A voltagem é a mesma!

PROFESSOR – E no outro sistema?

A1 – Divide a voltagem e a corrente é a mesma!

PROFESSOR – Para solucionar os problemas de entendimento dos conceitos que nós acabamos de conversar, você acha que os desenhos anteriores que nós fizemos influenciaram no seu aprendizado?

A1 – Sim

PROFESSOR – Ficou mais fácil montar o circuito elétrico hoje, após toda essa discussão, juntamente com os desenhos da fase anterior?

A1 – Ficou bem mais fácil, porque na aula anterior deu pra treinar um pouco, eu consegui perceber o que era errado e o que não era, e hoje foi mais tranquilo!

PROFESSOR – E esta noção da onde divide corrente elétrica e da onde divide voltagem, você sente que já se apropriou desta noção? Você se sente capaz de montar circuitos mais complexos do que estes?

A1 – Sim.

PROFESSOR – Ótimo. Esta vai ser a nova etapa. Analisando agora o esquema de circuito elétrico misto, qual delas apresentou o maior brilho?

A1 – Em série.

PROFESSOR – Isto se deve a quê?

A1 – A uma corrente só pra ela.

PROFESSOR – Aqui passa uma corrente (em série), neste ponto ela se divide (paralelo)

A1 – Certo!

PROFESSOR – Esta parte do circuito onde há duas lâmpadas em paralelo funciona com se fosse uma única resistência que está em série com a lâmpada sozinha, o que acontece com a voltagem?

A1 – Ela divide

PROFESSOR – Quem recebe a maior voltagem, a lâmpada sozinha ou o conjunto de duas lâmpadas em paralelo?

A1 – O que tem uma!

PROFESSOR – Por quê?

A1 – Porque a resistência é menor... quer dizer maior, maior!

PROFESSOR – Onde você desenhou uma resistência, você não sentiu a necessidade de colocar uma letra para representá-la? Por exemplo ‘R’ de resistência ou ‘L’ de Lâmpada?

A1 – Não, eu já sei que este símbolo vale para lâmpada.

O aluno A1 afirma que o desenho, feito nas etapas anteriores, desempenhou a função de facilitador no seu processo de atribuição de significado dos elementos do circuito elétrico. Entendemos que esta facilidade provém de um efeito alcançado pela representação pictórica ao se tornar uma ponte para o entendimento da lógica de posicionamento dos componentes do circuito. O desenho adquiriu, portanto, um caráter de ícone direcionando e dando suporte para a montagem do esquema elétrico. Em suas palavras, ele atribui ao desenho uma característica de apoio associada à geometria dos circuitos elétricos facilitando o entendimento do posicionamento dos elementos constituintes do circuito elétrico real.

Trecho da entrevista com A2 sobre a mudança de representação dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto do real (3D) para o esquema

PROFESSOR – No circuito em série as lâmpadas apresentam o certo brilho, já no sistema em paralelo o brilho é diferente. Qual deles apresenta maior brilho?

A2 – Em série...

PROFESSOR – No sistema em série o que acontece com a voltagem?

A2 – A voltagem é a mesma.

PROFESSOR – No sistema em série e no sistema em paralelo tem uma diferença básica que está na voltagem e na corrente elétrica. No sistema em paralelo você pode perceber que a fiação abre em duas, então quem é que divide?

A2 – A corrente elétrica.

PROFESSOR – Portanto, a corrente elétrica em um sistema em paralelo se divide! E a voltagem?

A2 – Continua a mesma!

PROFESSOR – Portanto, cada uma das lâmpadas recebe os mesmos 9V. Assim o brilho delas, sendo iguais e ligadas em paralelo, é o mesmo. O sistema em série vai ter uma mudança em relação ao sistema em paralelo. Se no paralelo foi a corrente que dividiu, neste aqui será...

A2 – A voltagem...

PROFESSOR – Observe o seguinte, no sistema em série é a voltagem que divide. Por que as lâmpadas do sistema em série apresentam brilho diferente de um sistema em paralelo? Por que neste aqui, sistema em série, a voltagem está...

A2 – Menor.

PROFESSOR – Onde é usado o sistema em paralelo, comercialmente falando?

A2 – Nas nossas casas.

PROFESSOR – Aqui no laboratório, por exemplo, cada uma destas luminárias está recebendo uma voltagem, que vamos dizer seja 127 V, se eu for ali a remover uma lâmpada as outras sofrem alguma interferência?

A2 – Acho que não.

PROFESSOR – E se fizesse isto em um sistema em série? Se por acaso eu tirasse uma das lâmpadas a outra sofreria interferência?

A2 – Não.

PROFESSOR – Quantos fios você tem aqui?

A2 – Um.

PROFESSOR – Muito bem, agora se eu tiro esta lâmpada daqui o sistema fica interrompido, vai passar corrente elétrica?

A2 – Não.

PROFESSOR – Os desenhos que nós fizemos na semana passada favoreceram o seu entendimento para montar hoje os circuitos elétricos?

A2 – Bastante!

PROFESSOR – Hoje você ainda tinha dificuldades em explicar alguns momentos da montagem, como você explica isto?

A2 – Seria uma dificuldade que eu tenho. Quero dizer na troca de informação, talvez eu tenha me atrapalhado com certos nomes...

PROFESSOR – Esta dificuldade tem a ver com que você não consiga definir o que significa a palavra? Por exemplo: voltagem, corrente elétrica...

A2 – Não, não.

PROFESSOR – Então você já sabe o que é voltagem e o que é corrente elétrica?

A2 – Sei!

PROFESSOR – Por que quando eu pergunto o que divide aqui é a voltagem ou é a corrente elétrica?

A2 – Tá certo, às vezes eu confundo estas duas palavras.

PROFESSOR – Na observação do circuito você pode perceber que o sistema em paralelo tinha mais brilho do que no sistema em série, isto se deve a que basicamente?

A2 – Porque a voltagem aqui é a mesma (paralelo) e aqui ela é menor (série)

PROFESSOR – Ótimo! Esta é uma noção essencial para você passar para nova etapa. Você precisa saber de que forma você vai conectar as lâmpadas para que elas tenham a voltagem correta. Analisando agora o sistema misto. No sistema misto você tem uma das lâmpadas sozinha e do outro com duas lâmpadas ligadas em paralelo. Qual destes lados apresentou maior brilho nas lâmpadas?

A2 – Na parte que está em série, da lâmpada sozinha.

PROFESSOR – Por quê?

A2 - Por que divide a corrente elétrica.

PROFESSOR – A resistência deste conjunto, lembrando que todas as lâmpadas são iguais, este conjunto que está em paralelo é maior ou menor do que a resistência que está sozinha?

A2 – Maior...

PROFESSOR – Mas aqui está em paralelo! Você se recorda como era aquela fórmula para associações em paralelo, era '1' sobre 'R' igual um sobre 'R1' e etc. Então este conjunto tem uma resistência maior ou menor?

A2 – Maior..., ou melhor, menor!

PROFESSOR - Aqui você tem um sistema muito parecido com este aqui (em série) a diferença é que neste ponto reparte para duas resistências. No ponto onde reparte a corrente elétrica, ou seja, no ponto do circuito onde tem duas lâmpadas em paralelo, a voltagem é maior ou menor que a lâmpada sozinha neste circuito misto?

A2 – Neste aqui é maior (lâmpadas em paralelo)

PROFESSOR – Então vamos lembrar que num sistema em paralelo a corrente elétrica divide a resistência diminui, pois a soma é feito dos inversos, assim onde a resistência é menor a voltagem é menor. Lembra da fórmula $V = R.i$?

A2 – Lembro!

PROFESSOR – Então, como conclusão, a lâmpada que ficou sozinha tem brilho maior porque recebe uma maior voltagem. E o conjunto de duas resistências em paralelo recebe uma voltagem menor, pois sua resistência é bem maior. Qual foi a dificuldade de passar do circuito elétrico real 3D para o esquema oficial. Os símbolos, por exemplo, lhe causaram alguma dificuldade?

A2 – Com a legenda do quadro dá para gente perceber né, fica mais fácil com o desenho e também a gente já mexeu com isto na sala e na aula passada, aí ficou mais fácil o entendimento, na hora de passar para o papel.

PROFESSOR – E com relação à mudança de posicionamento dos componentes do circuito você poderia me dizer se um circuito é em série ou em paralelo só de olhar para ele?

A2 – Sim!

PROFESSOR – Você acha que os desenhos da aula anterior fizeram alguma diferença no aprendizado?

A2 – Ajudou bastante!

PROFESSOR – Muito obrigado, A2!

A2 demonstra claramente ter superado suas dificuldades iniciais com relação às noções de voltagem, corrente elétrica e resistência. Suas respostas são curtas e cheias de confiança, o que mostra entendimento do assunto. No entanto, apresenta certa confusão em assimilar os termos. Quando questionado sobre este ponto, ele responde: “*Tá certo, as vezes eu confundo esta duas palavras*”. Ele também coloca o desenho na condição de apoio para seu entendimento do esquema.

Trecho da entrevista com A3 sobre a mudança de representação dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto do real 3D para o esquema

PROFESSOR – Oi, A3! Nós temos aqui um esquema de circuito elétrico em série com chave aberta e fechada. Você colocou aqui que a corrente elétrica está do polo positivo para o polo negativo, isto representa uma corrente elétrica convencional ou real?

A3 – Convencional.

PROFESSOR – Porque se fosse real...?

A3 – Seria no sentido inverso! Ou seja, do negativo para o positivo.

PROFESSOR – No esquema de circuito em série que você montou, nós podemos afirmar que é a corrente elétrica ou a voltagem que se divide?

A3 – Corrente elétrica... Quer dizer a voltagem, falei errado.

PROFESSOR – A voltagem, tudo bem. Isto provoca um maior brilho ou um menor brilho em relação a um sistema em paralelo?

A3 – Menos brilho.

PROFESSOR – Isto se deve ao fato de a...

A3 – Voltagem ser dividida entre as duas lâmpadas.

PROFESSOR – Hoje como é a segunda etapa deste nosso trabalho, aqueles desenhos que nós fizemos na primeira etapa favoreceram seu entendimento? Você sente que eles foram como um degrau ou uma ponte facilitadora do entendimento?

A3 – Com certeza! Com eles deu pra compreender melhor o bloco para fazer o esquema. Porque sem fazer o desenho você tem uma noção só lógica na cabeça, mas quando põe no papel você consegue fazer o desenho mais rápido do esquema.

PROFESSOR – Com relação aos símbolos, houve alguma dificuldade em relação à interpretação deles?

A3 – Não, porque alguns já são conhecidos nossos da sala de aula, no próprio período escolar a gente já tinha visto.

PROFESSOR – Você me diz que este período escolar a que você se refere já deu uma base para o entendimento dos símbolos no circuito elétrico?

A3 – Sim.

PROFESSOR – A3, nós agora vamos ver o circuito misto. Você montou o esquema do circuito de forma que no momento em que a chave está fechada existe uma corrente elétrica circulando. Neste circuito misto qual das lâmpadas apresentou maior brilho?

A3 – A lâmpada que está em série.

PROFESSOR – Qual a explicação para este fenômeno?

A3 – A voltagem da lâmpada que está em série é maior do que a voltagem das outras duas em conjunto (paralelo)... A voltagem que vai pra um é um número, a que vai para outra (paralelo) é a metade.

PROFESSOR – Certo. Como as resistências são todas iguais, pois as lâmpadas são todas iguais no ponto onde existem duas lâmpadas a resistência é a metade. Você teve alguma dificuldade nesta etapa em montar estes esquemas?

A3 – Não.

PROFESSOR – E entre montar estes esquemas e os circuitos reais na base?

A3 – Não. Por causa que quando você consegue fazer o desenho no papel você já vai ter a noção lógica na base. Porque primeiro o certo é você fazer na lógica na cabeça para depois passar no papel, assim consegue montar na tábua.

PROFESSOR– Você tem alguma suposição de que olhando um circuito elétrico aqui no papel pra montá-lo na tábua ou base houve alguma dificuldade?

A3 – Não.

PROFESSOR – Fazer a mudança de representação do esquema para o real e vice-versa tem a mesma dificuldade para você?

A3 – Acho que sim.

Para A3, os desenhos foram fundamentais para que ele internalizasse a estrutura lógica do funcionamento dos circuitos elétricos. O posicionamento de cada elemento no desenho fez com que ele construísse o esquema mais rapidamente. A3 afirma, ao final da entrevista, que o desenho foi um facilitador em seu processo de mudança representacional, o que em suma, caracteriza, também, uma aprendizagem. Sua frase, *“Por causa que quando você consegue fazer o desenho no papel você já vai ter a noção lógica na base. Porque primeiro o certo é você fazer a lógica na cabeça para depois passar no papel, assim consegue montar na tábua”* é uma evidência de que o desenho desempenhou um papel importante na construção do seu conhecimento de circuitos elétricos.

A1, A2 e A3 apresentaram esquemas condizentes com a representação padrão dos circuitos elétricos para cada caso, indicando uma apropriação das noções de voltagem, corrente elétrica, resistência elétrica, bem como das estruturas lógicas do posicionamento dos elementos do circuito elétrico para que este funcione corretamente. A3 comete apenas uma falha de representação da corrente elétrica, pois não a indica na bifurcação do sistema em paralelo e misto.

Entrevista com os alunos do grupo B:

Trecho da entrevista com B4 e B1 sobre a mudança de representação real 3D para esquemas de circuito elétrico

PROFESSOR – Nós temos aqui um esquema de circuito em série, um de circuito em paralelo e um de circuito misto. Podemos observar que não existe nenhum ponto no circuito que está desconectado, qual a importância disto pra vocês?

B1 – Porque ao desconectar perde energia.

PROFESSOR – Se eu desconectar um destes fios...?

B1 – Apaga as lâmpadas.

PROFESSOR – Esta é justamente a função da chave. Ela faz o papel de desligar e ligar o circuito. Agora vocês tinham um desenho à disposição que foi feito na etapa anterior para os circuitos: em série, paralelo e misto. Vocês acham que o desenho anteriormente favoreceu a montagem do esquema do circuito elétrico?

B1 – Sim

PROFESSOR – Por quê? Pela disposição dos componentes? Pela lembrança da sequência?

B1 – Já estava meio caminho andado. Estava mais fácil de compreender.

PROFESSOR – Quer dizer que utilizar desenhos no processo favorece o aprendizado de circuitos elétricos?

B1 – Pra mim favorece.

PROFESSOR – Se eu der um circuito elétrico na forma de esquema, vocês são capazes de reproduzi-lo na base?

B1 – Humm...

PROFESSOR – No esquema elétrico vocês conseguem identificar e reconhecer os símbolos? Por exemplo: este é...?

B1 – Bateria.

PROFESSOR – Agora se der um esquema um pouco diferente para vocês montarem na base?

B1 – Acho que sim.

B4 e B1 afirmam que o desenho facilitou seu entendimento. Quando questionados neste ponto respondem: *“Já estava meio caminho andado. Estava mais fácil de compreender”*. Novamente podemos evidenciar o papel mediador do desenho atuando com uma ponte para o entendimento do esquema, supostamente mais complexo pelo seu caráter simbólico. B1 (esquemas A1, A2 e A3 figura 14) representou os três esquemas: em série, em paralelo e misto de forma incompleta. Observamos que: os circuitos estão fechados, que os polos positivo e negativo da bateria estão representados corretamente e que as lâmpadas (resistências) estão ligadas de forma adequada. No entanto, não está presente a seta que indica a passagem da corrente elétrica no circuito. Os esquemas de B4 (esquemas C1, C2 e C3 da figura 14) estão corretos e bem elaborados, no entanto, ela representa de duas formas diferentes a chave. Na primeira existe um traço entre os terminais, nas outras duas, não. Este tipo de erro está mais associado à falta de atenção do que à falta do conhecimento de que o circuito necessita estar fechado para ligar as lâmpadas.

Trecho da entrevista com B2 e B5 sobre a mudança de representação real 3D para esquemas de circuito elétrico

PROFESSOR – Legal! O circuito em série está certo, em paralelo também, vamos ver o misto: ótimo, está certo também. Os esquemas dos circuitos elétricos de vocês estão corretos, agora vamos a algumas perguntas: Este esquema misto tem uma parte em série e outra parte em paralelo, mostrem pra mim, por favor, onde que as lâmpadas estão em série e onde elas estão em paralelo?

B5 – Série onde ela está sozinha e paralelo é onde tem duas lâmpadas.

PROFESSOR – Muito bem! No ponto onde nós temos um fio que se divide em duas ou mais lâmpadas nós o chamamos de...

B5 - Paralelo.

PROFESSOR – E quando tem apenas um fio que liga as lâmpadas nós chamamos de...

B5 – Série.

PROFESSOR – Vocês tinham como base este desenho e nossas discussões antes de montarem o circuito elétrico. Este desenho, feito nas atividades anteriores, favorece para vocês montarem o esquema de circuito elétrico?

B5 – Não.

PROFESSOR – Não fez diferença o desenho que foi feito antes?

B5 – Não.

PROFESSOR – Quer dizer que só olhando no circuito já foi suficiente para conseguir fazer o esquema?

B5 – Foi.

PROFESSOR – Quando foi introduzido o símbolo da bateria, da chave, das resistências mudou alguma coisa no entendimento?

B5 – Não, mesma coisa.

PROFESSOR – Se eu desse pra vocês um circuito elétrico qualquer, vocês seriam capazes de montá-lo aqui na base?

B5 – Seria.

PROFESSOR – Muito bem, ao que tudo indica vocês já entenderam o mecanismo.

B2 e B5 foram as únicas que não relacionaram o seu entendimento e facilidade de produzir os esquemas com os desenhos feitos anteriormente. Para elas só o fato de observar circuito real 3D associado à legenda com os símbolos fornecidos pelo professor já seriam suficientes para montar os esquemas. No entanto, B5 se esquece de representar a

corrente elétrica no esquema em paralelo (esquema B2 figura 14) e por uma falta de atenção representa a chave interruptora sem a ligação interna indicando que ela está desligada.

Trecho da entrevista com B3 sobre a mudança de representação real (3D) para esquemas de circuito elétrico.

PROFESSOR - B3, o seu circuito elétrico está bem feito com todos os fios conectados e nenhuma ponta solta. Qual a importância de no esquema de circuito ele estar sempre fechado, ou seja, sem nenhuma ponta solta?

B3 – Importância...?

PROFESSOR – Isto, qual a importância dos fios estarem bem conectados e não ter nenhuma falha no esquema de circuito elétrico?

B3 – Significa que vai passar energia para a lâmpada.

PROFESSOR – Se por um acaso eu interrompesse este fio, ou no seu esquema elétrico ele estivesse longe ou afastado dos pólos, o que a gente poderia deduzir?

B3 – Como assim?

PROFESSOR – Vamos supor que este fio não tivesse ligado certinho, mas tivesse afastado?

B3 – Ai não ia pegar!

PROFESSOR – Você quer dizer que não ia passar a corrente elétrica. Certo?

B3 – Certo!

B3 comete um erro sério em seu esquema em paralelo (figura 10 item G2), pois da forma como está, o esquema representa um circuito em série. B3, portanto, não assimilou a lógica da disposição das lâmpadas que diferencia os circuitos elétricos série, paralelo e misto. Baseamos esta afirmação também no fato de que ele teve muita dificuldade em montar o esquema misto, solicitando constantemente o apoio do professor.

A seguir apresentamos o Quadro 06 que apresenta as principais dificuldades de entendimento observadas nas mudanças de representação do real (3D) para o desenho e do real (3D) para os esquemas oficiais nos circuitos em série, em paralelo e misto. É possível observar que dificuldades iniciais como a falta de representação correta dos pólos positivo e negativo, setas indicando “colisão de correntes”, divisão da voltagem em circuito em série, falta de ligação adequadas nos pólos da bateria, dificuldade de entendimento do papel da resistência no circuito e sua forma de associação foram superadas. No entanto, um erro de

representação ainda persistiu: a falta de representação da corrente elétrica por meio de seta no circuito.

Quadro 6 – Síntese das dificuldades de entendimento observadas no processo de mudança de representação 3D para desenho e 3D para esquemas nos circuitos elétricos em série, paralelo e misto.

Tipo de Circuito	Dificuldades de Entendimento	3D para desenho	3D para esquema
Série	Apresenta o “modelo de colisão de correntes” onde a corrente elétrica pode ocorrer nos dois sentidos dentro de um circuito elétrico.	B1 e B4	Não ocorreu
	Falta a representação da corrente elétrica por meio de seta no circuito.	-	B1, B5, B3 e B2
	Confundem o termo energia com voltagem.	B1 e B4	Não ocorreu
	Apresentam dificuldades de entendimento com relação à divisão da voltagem no circuito em série.	A1 e A2	Superado
	Demonstra ter dúvidas sobre a soma do valor das resistências nos circuitos em série.	A2	Superado
	Não representa os polos positivo e negativo da bateria	B2	Superado
Paralelo	Apresenta o “modelo de colisão de correntes” onde a corrente elétrica pode ocorrer nos dois sentidos dentro de um circuito elétrico.	B1 e B4	Não ocorreu
	Por falta de atenção, produz um desenho com lâmpadas acesas, mas desconectadas da bateria.	B2	Não ocorreu
	Não indicam o sentido da corrente elétrica.	B1, B5, B4, B3 e B2	B1, B5, B3 e B2
	Não se apropriou da ideia de que a corrente elétrica	A3	Superado

	muda de acordo com a resistência do circuito		
	Circuito incorreto (produção apresenta uma falha grave na disposição das resistências)	-	B3
	Responde erradamente sobre o que ocorre com a resistência geral do circuito no caso de lâmpadas em paralelo.	A3	Superado
	Não representam os polos positivo e negativo da bateria	B1, B5, B4, B3 e B2	Não ocorreu
Misto	Não indicam o sentido da corrente elétrica.	B1, B5, B4, A2,	B1, B5, B3 e B2
	Apresentam dificuldades com relação a noção de voltagem no circuito elétrico e como ela é modificada pela disposição das lâmpadas.	A2, A3 e A1	Superado
	Os polos positivos e negativos não estão representados.	B1, B5, B4, B3 e B2	Não ocorreu
	Circuito aberto com lâmpadas acesas.	B2	Não ocorreu

3.6 ETAPA 7

A sétima etapa proposta pelo pesquisador consistiu em fazer uma mudança de representação do esquema elétrico, previamente impresso em papel, para o circuito real 3D, ou seja, as três montagens anteriores: em série, em paralelo e mista foram fornecidas ao aluno pelo professor na forma de esquema em papel e o aluno teve como tarefa a construção tridimensional, utilizando os elementos reais destes circuitos. Esta etapa focalizou possíveis dificuldades encontradas pelos alunos ao mudar da representação esquemática para a representação real 3D, tal como descrevemos na metodologia (item 2.3, letra G).

Observamos que esta etapa da estratégia didática reforçou o entendimento dos alunos no posicionamento dos elementos do circuito, já que todos os alunos conseguiram realizar esta atividade rapidamente e com grande facilidade. Este fato mostra que todas as

etapas anteriores foram efetivas na solução das dificuldades de entendimento e na apropriação das noções básicas para a montagem de circuitos elétricos.

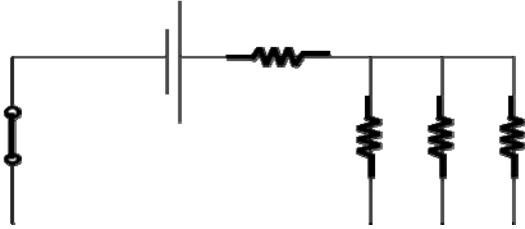
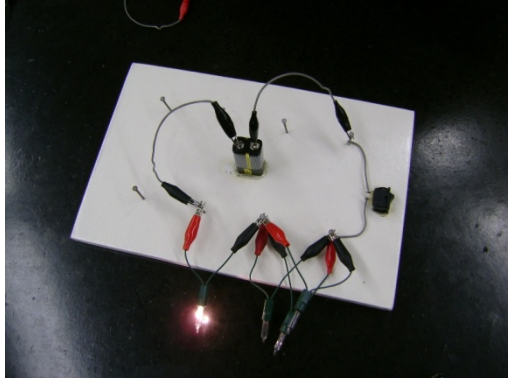
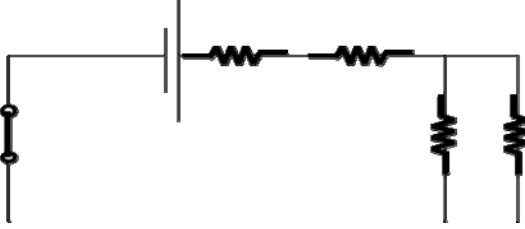
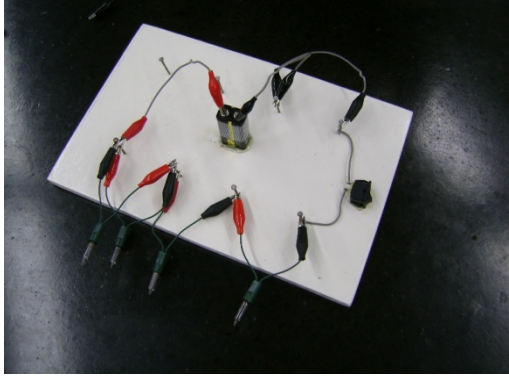
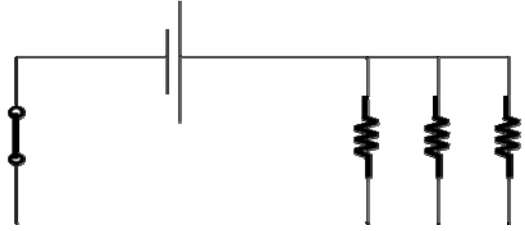
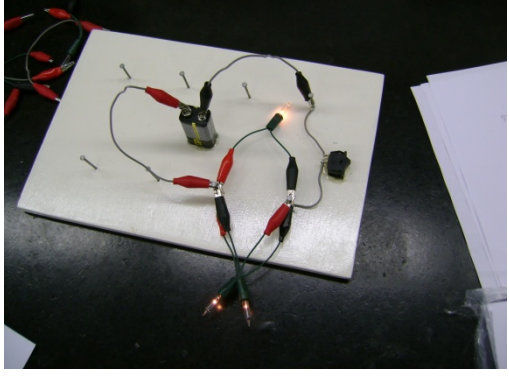
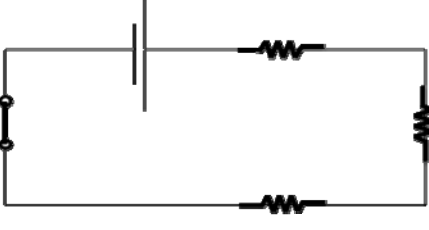
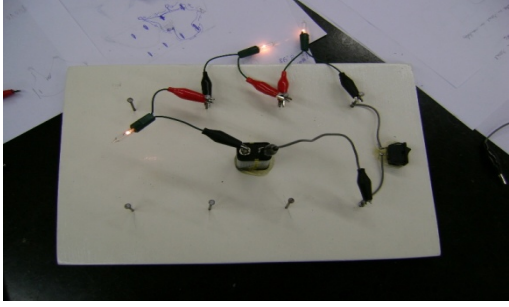
A etapa 07 também funcionou como uma etapa preparatória para a etapa 08, já que nesta última, o professor propôs novos esquemas na forma de desafios aos alunos.

3.7 ETAPA 8

O professor solicitou aos alunos que fizessem montagens novas para verificar o grau de domínio dos mesmos nas questões ligadas a circuitos elétricos. O pesquisador forneceu ao aluno esquemas elétricos com três ou quatro resistências com configurações que ainda não tinham sido trabalhadas e pediu aos aprendizes que as montassem sobre a base de madeira. Estes esquemas foram descritos na metodologia item 2.3 letra H (figura 09).

A seguir, são visualizados os esquemas fornecidos pelo pesquisador e as respectivas montagens construídas pelos alunos. Para facilitar as discussões finais da estratégia didática e verificar o entendimento de cada grupo, optamos por agrupar os três alunos: A1, A2 e A3 que formavam o grupo A em apenas uma bancada e fornecer a eles os esquemas de circuito elétrico para que realizassem a montagem 3D na base. Da mesma forma, agrupamos os alunos B1, B5, B4, B3 e B2 que formavam o grupo B para que eles realizassem a última etapa da sequência didática em conjunto. O objetivo desta etapa foi observar se os alunos haviam interiorizado a estrutura lógica da representação dos circuitos elétricos. O grau de facilidade em fazer esta mudança representacional do esquema para 3D forneceu indicativos da efetiva aprendizagem do aluno, como vemos na figura 15.

Figura 15 – Circuitos elétricos 3D finais produzidos pelos alunos.

Esquemas fornecidos pelo Professor	Montagem 3D realizada pelos alunos
 <p>A) Esquema de circuito elétrico misto envolvendo quatro resistências (lâmpadas), 3 em paralelo com uma em série.</p>	 <p>Representação 3D criada pelos alunos do grupo A</p>
 <p>B) Esquema de circuito elétrico misto envolvendo quatro resistências (lâmpadas), 2 em paralelo com 2 em série.</p>	 <p>Representação 3D criada pelos alunos do grupo A</p>
 <p>C) Esquema de circuito elétrico em paralelo envolvendo três resistências (lâmpadas).</p>	 <p>Representação 3D criada pelos alunos do grupo B</p>
 <p>D) Esquema de circuito elétrico em série envolvendo três resistências (lâmpadas).</p>	 <p>Representação 3D criada pelos alunos do grupo B</p>

Os alunos do grupo A e os alunos do grupo B desenvolveram esta atividade com grande facilidade e agilidade. Tal destreza e agilidade na montagem dos circuitos reais demonstram que a estrutura lógica do funcionamento dos circuitos elétricos foi apropriada pelos educandos. Esta sequência didática foi especialmente projetada para que os alunos alternassem entre representações distintas conduzindo-os ao entendimento do conteúdo envolvendo: corrente elétrica, voltagem e circuitos elétricos; além, é claro, de capacitá-los a reconhecer e construir circuitos elétricos seja na forma tridimensional ou por meio de esquemas oficiais

Assim como, Waldrip, Prain e Carolan (2006) indicam em seus trabalhos a necessidade de pesquisas que focalizem estratégias específicas e trabalhem as mudanças entre diferentes modos de representação, nossa pesquisa confirma esta necessidade e sugere que a aprendizagem do aluno é tanto mais efetiva quanto maior for o número de representações e de modos representacionais que ele puder criar do objeto estudado. A cada nova representação o aprendiz consegue gerar novo significado do objeto estudado. Percebemos que os alunos compreendem as noções dos conceitos físicos envolvidos nos circuitos elétricos quando são capazes de se expressar por meio de múltiplas representações, seja na forma verbal, gestual, pictórica, esquema e ou escrita.

3.8 SÍNTESE DOS RESULTADOS

As dificuldades de entendimento e problemas conceituais em circuitos elétricos simples, em série, em paralelo e misto foram descritas nos Quadros 1 a 5, itens 3.2.2 a 3.2.8. Conforme mostram as pesquisas mencionadas anteriormente, mesmo após o primeiro semestre de ensino regular e com estudos direcionados ao tema, ainda persistiam algumas dificuldades de entendimento. Apesar das instruções dadas pelo professor no primeiro semestre, alguns alunos não foram capazes de se apropriar, na primeira etapa (período em sala de aula), da estrutura de funcionamento dos circuitos elétricos. Foi possível observar no início do período de pesquisa (etapa 2) que os alunos ainda cometiam erros básicos como o de esquecer de ligar um dos polos da bateria, ou não saber relacionar o sentido da corrente elétrica com os polos da bateria. Estes fatos corroboram a necessidade constante, por parte de pesquisadores da área de ensino, no sentido em encontrar soluções das causas que impedem uma aprendizagem eficaz, duradoura e consistente, para que, ao atuar sobre elas, seja possível junto com os alunos construir o conhecimento científico. Certamente, tais dificuldades iniciais, quando detectadas em cada etapa do nosso processo de pesquisa foram esclarecidas,

culminando, ao final da sequência didática aqui desenvolvida, em uma aprendizagem mais eficaz para aluno.

Além de detectar os erros iniciais, nossa estratégia didática proporcionou subsídios para que certas dificuldades de entendimento fossem compreendidas e superadas, tais como: as ligadas ao entendimento do comportamento da voltagem no circuito em série mostradas pelos alunos A1 e A2. Também, A3 conseguiu se apropriar da ideia de que a corrente elétrica muda de acordo com o número de resistências no circuito, bem como entendeu como a resistência total do circuito é calculada no sistema em paralelo. Outro ponto de superação alcançado por todos os alunos foi a representação correta nos esquemas dos polos positivos e negativo da bateria, o que tinha sido uma falha recorrente na primeira mudança representacional.

Já na etapa 06, em sua maioria, os esquemas confeccionados pelos alunos estavam corretos quanto a representação da disposição das lâmpadas, fato que caracteriza os sistemas em série, paralelo e misto. Além disso, na etapa 07, observamos que os aprendizes foram capazes de fazer a mudança representacional do esquema oficial para o circuito real com grande facilidade. Tal destreza e agilidade dos educandos é um indicativo de que todas as etapas anteriores, seja pelo uso do desenho como mediador representacional ou por instruções dadas pelo professor, foram, em sua maioria, eficazes na solução dos problemas conceituais e na apropriação das noções básicas para a montagem de circuitos elétricos.

Cabe destacar também, que a última etapa da sequência didática foi realizada com sucesso por todos os alunos. Os novos esquemas propostos apresentavam um grau de complexidade maior do que os já trabalhados nas etapas anteriores, pois envolviam três ou quatro resistências (lâmpadas) e apresentavam uma disposição totalmente diferente. O grau de facilidade em fazer esta mudança representacional do esquema oficial para experimento real 3D forneceu indicativos de que a estratégia envolvendo multimodos e aplicação de múltiplas representações é válida e eficiente para aprendizagem do aluno.

Inicialmente, nosso trabalho tentou destacar que o uso de desenhos é um instrumento didático produtivo para ser utilizado em sala de aula no estudo de circuitos elétricos. Essa forma de representação permite ser um indicativo ágil e eficaz das falhas conceituais dos aprendizes, podendo ser aproveitada para redirecionar as etapas durante o processo de ensino. Posteriormente, avançamos para os esquemas, exigindo um grau de compreensão maior dos alunos, pois envolvia símbolos abstratos que aumentam o nível de complexidade da representação. Ao fazer a mudança representacional do experimento real 3D para os esquemas o aluno pôde consultar o desenho. Esta consulta acabou transformando o

desenho em uma espécie de representação ponte que facilitou a confecção dos esquemas, tornando o primeiro, uma referência icônica para ele.

Portanto, entendemos que, durante a iniciação da elaboração dos conceitos físicos, em circuitos elétricos, não há muito sentido em exigir dos alunos os abstratos códigos oficiais, porquanto se observou que, ao realizarem suas representações pictóricas, eles apresentavam um conjunto de dificuldades de entendimento. Tais dificuldades, caso não sejam esclarecidas, podem influenciar na compreensão do funcionamento ou da operação de certos dispositivos elétricos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do trabalho foi desenvolver uma estratégia didática que pudesse detectar as dificuldades conceituais e problemas de compreensão por meio de mudanças de representação para que o professor tivesse um instrumento de acompanhamento da construção dos significados científicos por parte dos alunos. Conjuntamente a isto, buscava-se que ao final das etapas propostas pelo pesquisador, os educandos fossem capazes de alternar entre a representação do experimento real, também chamada representação 3D, e os esquemas oficiais com compreensão e clareza dos símbolos intrínsecos a eles.

O objetivo desta pesquisa foi, portanto, de investigar qual a viabilidade e a potencialidade do desenho em funcionar como uma representação mediadora para evidenciar os problemas conceituais de aprendizagem e dificuldades de compreensão dos alunos da 3ª série do Ensino Médio, por meio de uma sequência didática envolvendo a mudança entre a representação do experimento real 3D e o esquema em circuitos elétricos. Simultaneamente, a construção da representação pictórica proporcionou um momento de reflexão e instrução por parte do professor ao aluno no decorrer das etapas da sequência didática.

Analisando os resultados, percebemos que algumas concepções prévias citadas na literatura científica, tais como a luz emitida pelas lâmpadas como sendo resultado a junção de partículas elétricas positivas e negativas, o circuito elétrico se comportando como um sistema de tubos nos quais se escoia um fluido material e a dificuldade de associar o sentido da corrente elétrica aos polos da bateria ocorreram com frequência. No entanto, as etapas desenvolvidas em nosso trabalho, por utilizarem a linguagem de representação pictórica, considerada mais próxima dos alunos, permitiram que eles tivessem atitudes espontâneas, despertando sua atenção e interesse em participar ativamente da pesquisa, proporcionando esclarecimento das dificuldades de entendimento.

Os desenhos desempenharam inicialmente a função de propiciar condições para discussão dos conceitos físicos relacionados ao conteúdo de eletricidade, tais como: intensidade de corrente elétrica, carga elétrica, resistência, voltagem, além de constituir, ao longo das instruções dadas pelo professor, o significado de cada elemento do circuito elétrico. Quando criado, este momento de reflexão professor-aluno fez com que os problemas conceituais emergissem, podendo, assim, serem detectados e esclarecidos mediante a orientação simultânea do pesquisador. Em seguida, os alunos interagiram com os circuitos reais e criaram representações dos esquemas elétricos oficiais, exigindo um grau maior de dedicação e compreensão, por envolver símbolos abstratos que aumentam o nível de

complexidade da representação. A mudança representacional do experimento 3D para os esquemas oficiais foi mediada pelo desenho, já que o educando podia observá-lo conforme criava a nova representação do circuito elétrico. Esta consulta acabou transformando o desenho em uma espécie de representação ponte que facilitou a confecção dos esquemas oficiais trazendo agilidade ao procedimento. Fica aqui o entendimento de que a representação pictórica, criada pelo próprio aprendiz, tornou-se uma referência icônica que direcionou seu processo cognitivo na mudança representacional.

A intermediação do desenho auxiliou, sem receios, a posterior utilização dos símbolos convencionais, na medida em que estes já estavam bem caracterizados, possibilitando, assim, agregar seus significados. O modo pictórico foi colocado aqui, portanto, como uma proposta para iniciar e acompanhar a instrução com a finalidade de abordar indiretamente a representação simbólica, tendo como preocupação o conteúdo associado a ela, por percepção bem mais mediada e substantiva do que quando se principia a instrução por códigos e regras. Vimos que a representação não padrão do desenho abriu um espaço de diálogo para a instrução dos estudantes e por sua característica icônica facilitadora constatamos um nível de engajamento dos alunos nas tarefas realmente importantes para a aprendizagem.

Os resultados da pesquisa indicam, portanto, que uma estratégia multimodal, tendo o desenho como representação mediadora deste conteúdo específico, contribui significativamente para o desenvolvimento da aprendizagem, favorecendo a construção de novas representações semióticas e apropriação do modelo científico, pois funciona como um meio de ligação entre o circuito elétrico real (representação 3D) e a representação por esquemas oficiais. Gouveia (2007) cita em seu trabalho que pesquisadores como Golbet e Clement (*apud* PRAIN e WALDRIP, 2006) afirmam que alguns modos representacionais 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 múltiplas representações dos conceitos de ciências é compatível com a abordagem contextualizada do aprendizado e é provavelmente mais envolvente para alunos que um modo tradicional de representar ideias científicas apenas por meio de símbolos restritos, tão evidentes nas práticas comuns de sala de aula. Baseado nos resultados promissores aqui demonstrados, sugerimos que a aplicação prática das múltiplas representações pode ser estendida à outros conteúdos de Física e até para outras disciplinas, pois, segundo Ainswort (1999), a mudança entre

representações pode contribuir para a aprendizagem, em especial, quando a nova representação leva à interpretação, focalizando o aprendiz nas características conceituais centrais.

Assim, uma estratégia com o uso de múltiplas representações semióticas segue ao encontro das necessidades educativas dos educandos, pois propicia oportunidades de raciocinar cientificamente, o que é condizente com as ideias de Zabala (1998, p. 51) quando afirma que “É preciso introduzir em cada momento, ações que se adaptem às novas necessidades formativas que surgem constantemente, fugindo dos estereótipos ou dos apriorismos”.

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 em circuitos elétricos verificando os possíveis ganhos na aprendizagem, comparando-os aos alunos inseridos apenas no sistema tradicional de ensino. Outra possibilidade está em estudar mais detalhadamente os outros modos representacionais como o gestual ou até mesmo teatro. Outra representação, a nosso ver viável, é a elaboração de um quebra-cabeça baseado nos símbolos de circuito elétrico oficiais, que poderiam ser usados após o desenho. Essa mesma linguagem pode ser aplicada inclusive a outros conteúdos de Física, como, por exemplo, a óptica geométrica para representar os raios de luz, e também, nos campos magnéticos e elétricos para representar as linhas de campo.

No caminho trilhado para chegar até esse ponto de conclusão, muito aprendemos e muito ainda se tem para conquistar. Consideramos que esta pesquisa contribuiu para elucidar como aplicar as múltiplas representações na aprendizagem dos alunos, em especial, relacionado ao conteúdo de circuitos elétricos. Desta forma, esperamos que este trabalho colabore para futuras pesquisas na área tendo como foco a elevação da qualidade da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- 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.
- BOGDAN, R; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora: 1994.
- DOLIN, J. Representational forms in physics. In: D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, G. Bisdikian, G. Fassouloupoulos, E. Hatzikraniotis, E. Kallery (Eds.). **Science Education Research in the Knowledge-Based Society**. Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki. Proceedings of the Third International Conference of the ESERA, p. 359-361, 2001.
- DUVAL, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics, **Educational Studies in Mathematics**, v. 61, p.103-131, 2006.
- DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales**. Santiago de Cali, Colombia Universidad del Vale: Instituto de Educación y Pedagogía, 2004.
- GOUVEIA, Amandio Augusto. **Dificuldades de aprendizagem conceitual em circuitos elétricos reveladas por meio de desenhos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.
- LABURÚ, C. E. et al. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 26, n. 1: p. 24-47, abr. 2009.
- LABURÚ, C. E.; CARVALHO, M. **Educação científica: controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico**. Londrina: EDUEL, 2005.
- LEMKE, J.L. **Teaching All the Languages of Science: Words, Symbols, Images, and Actions**. 2003. Disponível em:< <http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/barcelon.htm>.> Acesso em: 05.abr.2009
- 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.
- PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multimodal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, Dez. 2006.
- SANTAELLA, Lúcia. **O que é semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 2005.
- SANTOS, M. E. **Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico**. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.

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

TYTLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation, **Research Science Teaching**, v. 37, p.313-331, 2007.

TYTLER, R.; WALDRIP, B.G. **Improving primary science: schools experience of change Investigating**, v. 18, p. 23-26, 2002.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Learning junior secondary science through multi-modal representation. **Electronic Journal of Science Education**, v.11, p. 86-105, 2006.

Disponível em: <

http://ejse.southwestern.edu/volumes/v11n1/articles/art06_waldrip.pdf.> Acesso em: 05.JUN.2009.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

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

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, v.33, p. 131-152. 1999.

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**, v. 11,n. 5, p. 554-565, 1989.

DISSA, A. Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. **Cognition and Instruction**, v. 22, n. 3, p.293-331, 2004.

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

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: 27.mai.2009.

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

GOBERT, J.; CLEMENT, J. The effects of student-generated diagrams versus student-generated summaries on conceptual understanding of spatial, causal and dynamic knowledge in plate tectonics. **Journal of Research in Science Education**, v. 36,p.39-53, 1999.

LEMKE, J.L. **Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text**. 1998. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/mxm-syd.htm>.> Acesso em: 19/05/2009.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. M. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS. Ensino Médio. **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/2259128/PCN>.> Acesso em: 01/06/2009.

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

PRAIN, V; WALDRIP B. **Teachers' perspectives about using multi-modal representations of concepts to enhance learning**. Paper presented at the European Science Education Research Association Conference (ESERA), Barcelona, Spain, August 28-September 1, 2005.

RUSSELL, T.; MCGUIGAN, L. Promoting understanding through representational redescription: an illustration referring to young pupils' ideas about gravity. In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, G. Bisdikian, G. Fassoulopoulos, E. Hatzikraniotis, E. Kallery (Eds.) **Science Education Research in the Knowledge-Based Society**. Proceedings of the Third International Conference of the ESERA (pp.600-602). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki. 2001.

SHIPSTONE ET AL. A study of students' understanding of electricity in five European countries. **International Journal of Science Education**, v.1.10, n.3, p.303-316, 1988.

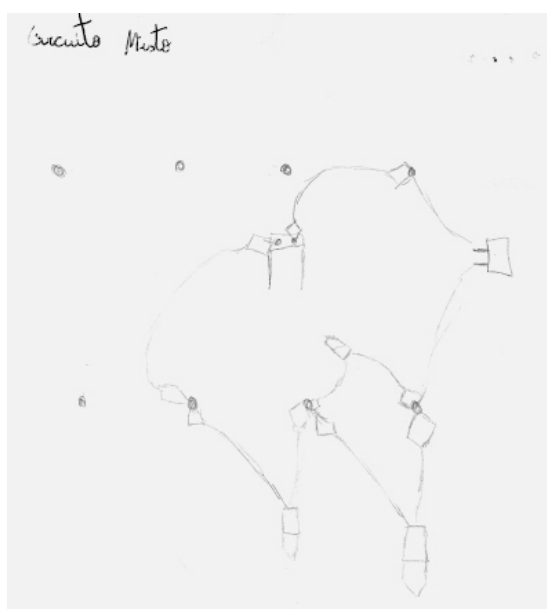
ANEXOS

ANEXO A

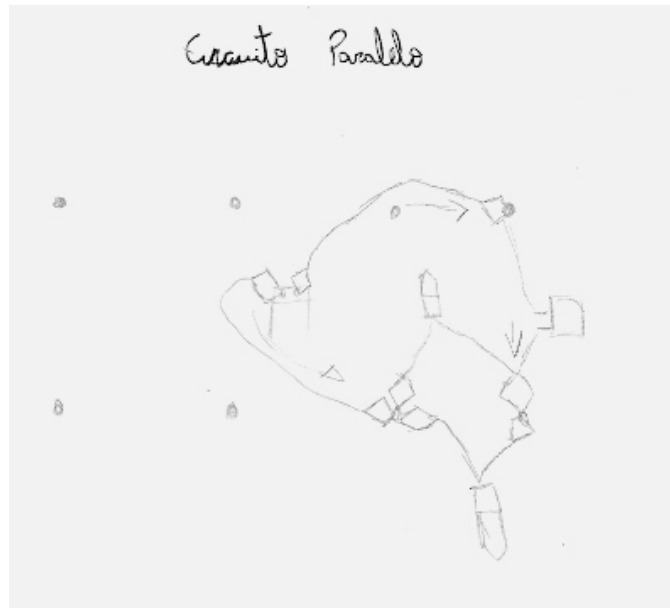
Desenhos, Esquemas e Entrevistas do Aluno B1



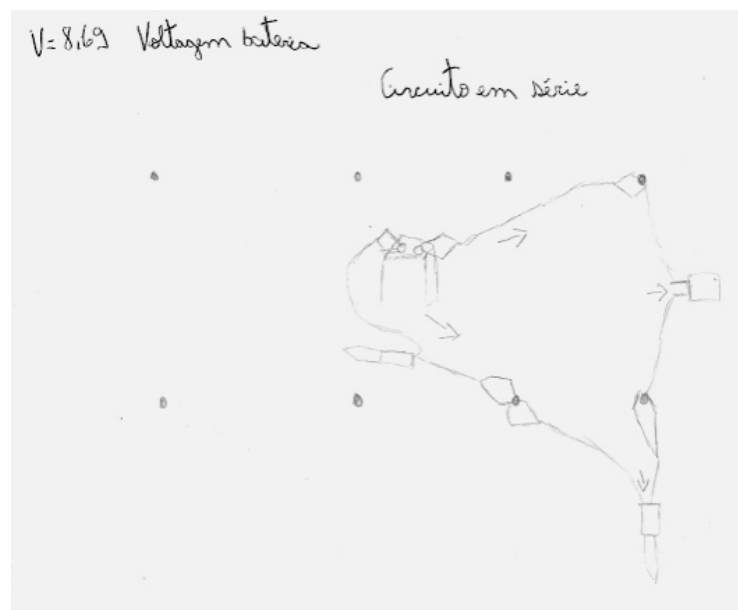
Desenhos de circuito simples ligado e desligado



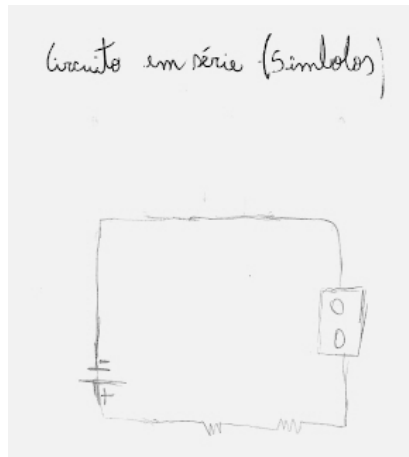
Desenho de circuito em série com duas lâmpadas



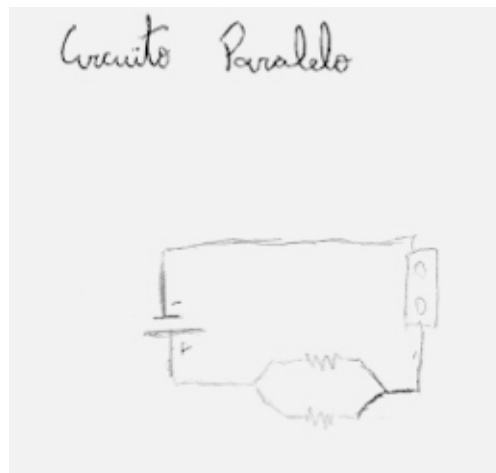
Desenho de circuito em paralelo com duas lâmpadas



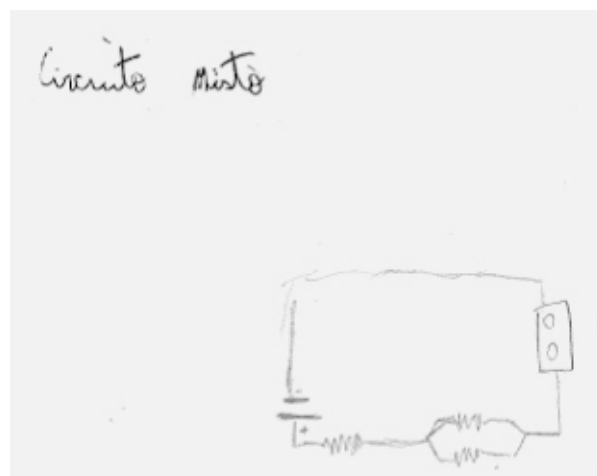
Desenho de circuito misto com três lâmpadas



Esquema de circuito elétrico em série



Esquema de circuito elétrico em paralelo



Esquema de circuito elétrico misto

Entrevista com B1 sobre circuito simples.

P – O que você acha que tem dentro da bateria que é capaz de produzir luz nas lâmpadas?

A - Elétrons.

P - Esses elétrons estão fazendo o que para que a luz apareça?

A – Estão, como eu posso dizer, pela corrente... nos fios...

P - Eles estão passando por dentro do fio? O que você acha da corrente elétrica, de qual pólo ela sai?

A – Positivo.

P – Vamos ver como você colocou aqui no seu desenho. Ela sai do positivo, circula por todo o circuito em chega no negativo, certo?

A - (Confirmação com a cabeça).

P – Para esta representação da corrente elétrica damos o nome de corrente convencional. Fale agora sobre a chave, qual foi o efeito que a chave proporcionou para o circuito ficar ligado?

A – Ela liga... deve ter alguma chave lá dentro que quando você desliga ela se separa e quando liga ela faz com que a corrente passe...

Entrevista com B1 e B4 sobre circuitos em série, paralelo e misto.

P – Olhando para este circuito elétrico existem duas lâmpadas estão com menor brilho e uma esta com brilho maior, qual é a explicação que vocês dariam para esta diferença de luminosidade?

A – Não sei.

P – vamos começar com um sistema mais simples. Dá uma olhada na luminosidade destas lâmpadas. Agora se eu tirar uma, fica a mesma coisa?

A – ficou um pouco mais forte!

P – Agora se eu colocar deste jeito aqui, que é um sistema em serie, o que vai acontecer?

A – Elas ficam mais fraca.

P – Porque no sistema em série a luminosidade ficou mais fraca?

A – Por causa que divide a energia não é?

P – Muito bem, nós temos aqui uma bateria de 9V, quando ela está ligando duas lâmpadas em série, o que acontece com este 9V?

A – Se divide.

P – Ficando 4,5 para...

A – Cada uma das lâmpadas.

P – E aqui (em paralelo) a luminosidade é maior ou menor do que no sistema em serie?

A – Menor.

P – Será? Vamos ver de novo.

A – Agora acho que é maior.

P – Por que é maior?

A – Porque agora elas não estão dividindo.

P – Ok! Se a bateria esta fornecendo 9V, cada uma delas recebe...

A – Elas recebem os 9V.

P – Muito bem, as duas estão recebendo 9V.

P – Aqui dentro (da bateria) tem alguma coisa que produz voltagem (ddp) e que induz a corrente elétrica. O que vocês acha que ocorre dentro da bateria que é capaz de produzir voltagem?

A – Hum...

P – A bateria tem pólo positivo e pólo...

A – Negativo.

P – Estes pólos positivo e negativo existem decorrentes, basicamente, da existência de uma partícula chamada?

A – Ham... ai meu deus com é.

P – que tem a ver com a palavra eletricidade.

A – Elétrons, não é?

P – Neste circuito, os elétrons vão da onde (pólo) para onde? Da onde eles saem e para onde eles vão?

A - Acho que eles saem da bateria e vem pra luz

P – De qual pólo?

A – positivo.

P – Você me diz que os elétrons saem do pólo positivo.

A – Tô em dúvida.

P – qual a carga do elétron? Negativa ou positiva?

A – Negativa

P – Sendo a carga do elétron negativa e tem que sair do pólo?

A – Sair do negativo e ir para o positivo

P – Mas tem um detalhe importante, quando nos estamos estudando eletricidade, mais especificamente corrente elétrica, existe um termo chamado corrente elétrica convencional que é justamente o movimento de cargas do pólo positivo para o negativo. A corrente elétrica

real, que é esta que nós estamos conversando agora, só passou a ser considerada depois da descoberta do elétron.

Entrevista com B1 e B4 sobre a mudança de representação real (3D) para esquemas de circuito elétrico.

P – Nós temos aqui um esquema de circuito em série, um de circuito em paralelo e um de circuito misto. Podemos observar que não existe nenhum ponto no circuito que está desconectado, qual a importância disto pra vocês?

A – Por que ao desconectar perde energia.

P – Se eu desconectar um destes fios?

A – Apaga as lâmpadas.

P – esta é justamente a função da chave. Ela é que faz o papel de desligar e ligar o circuito. Agora vocês tinham um desenho a disposição que foi feito na etapa anterior para os circuitos em série, paralelo e misto. Vocês acham fazer o desenho anteriormente favoreceu a montagem do esquema do circuito elétrica?

A – Sim

P – Por quê? Pela disposição dos componentes? Pela lembrança da seqüência?

A – Já estava meio caminho andado. Estava mais fácil de compreender.

P – Quer dizer que, utilizar desenhos no processo favorece o aprendizado de circuitos elétricos?

A – Pra mim favorece.

P – Se eu der um circuito elétrico na forma de esquema, vocês são capazes de reproduzi-lo na base?

A – Humm...

P – No esquema elétrico vocês conseguem identificar e reconhecer os símbolos? Por exemplo: este é?

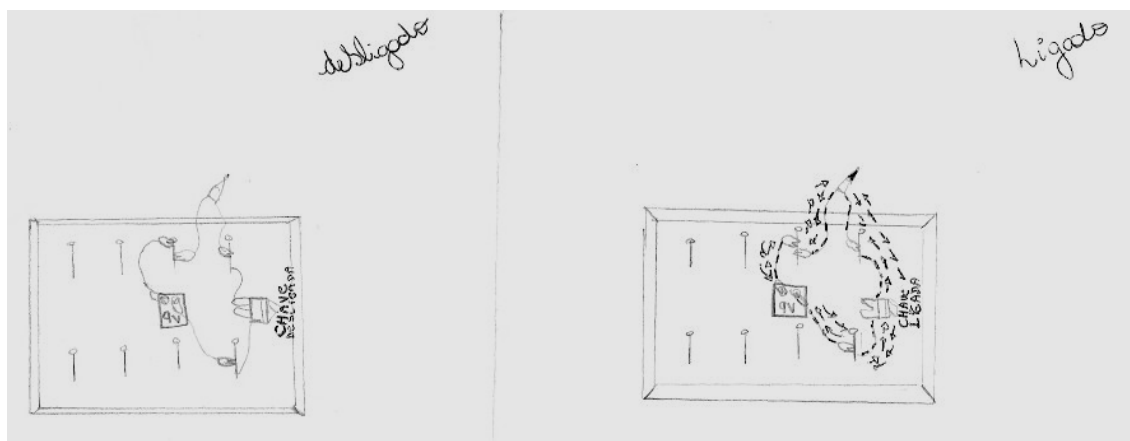
A – bateria.

P – Agora se der um esquema um pouco diferente para vocês montarem na base?

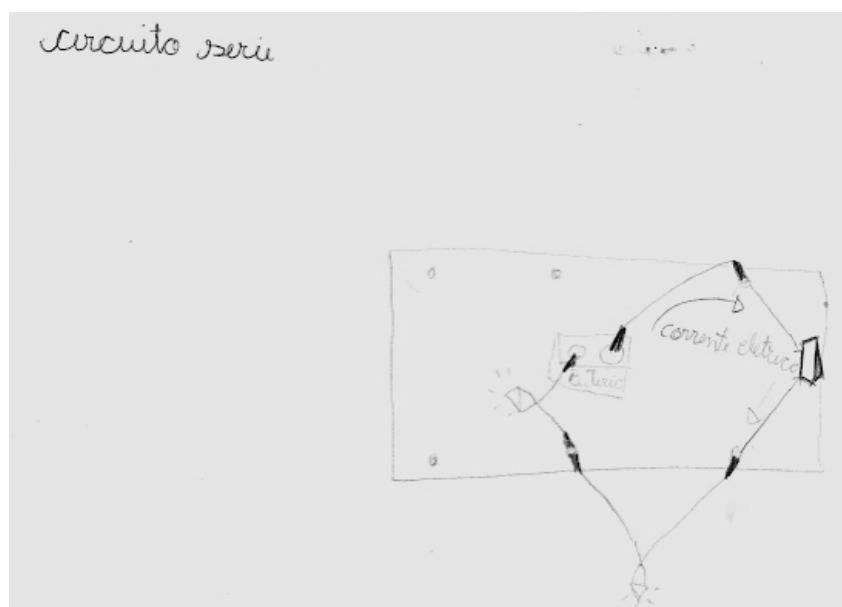
A – Acho que sim.

ANEXO B

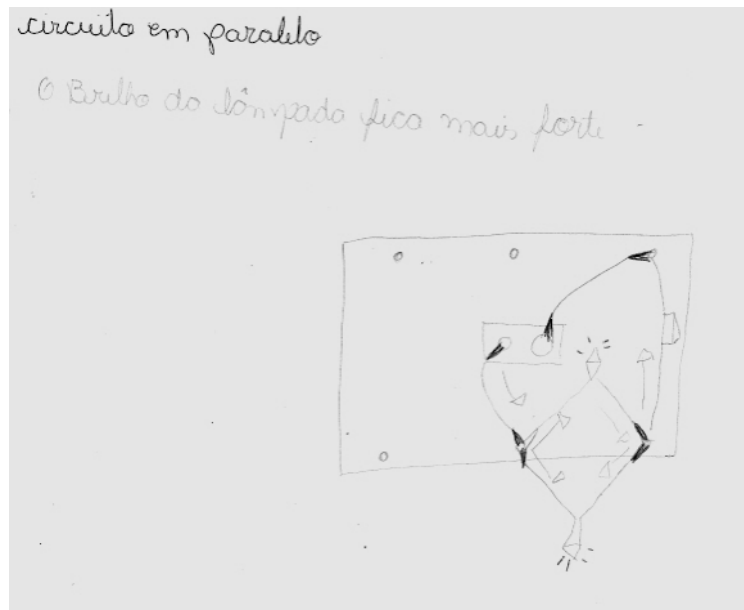
DESENHOS, ESQUEMAS E ENTREVISTAS DA ALUNA B5



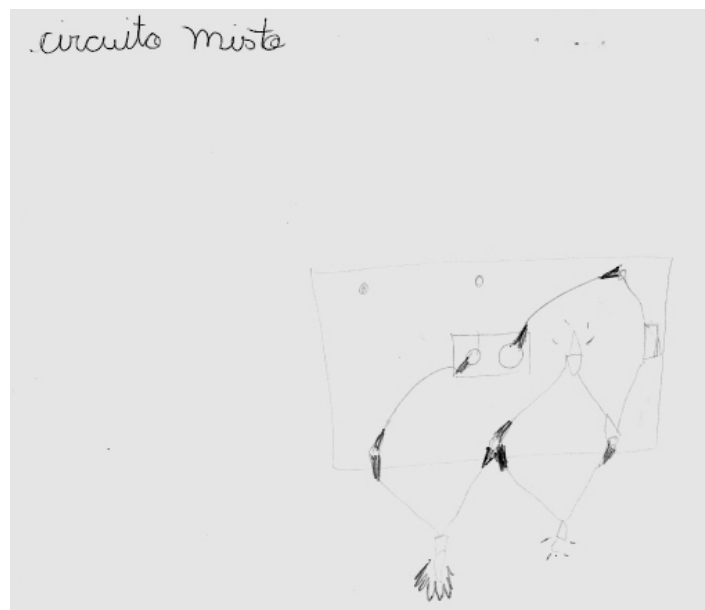
Desenhos de circuito simples ligado e desligado



Desenho de circuito em série com duas lâmpadas

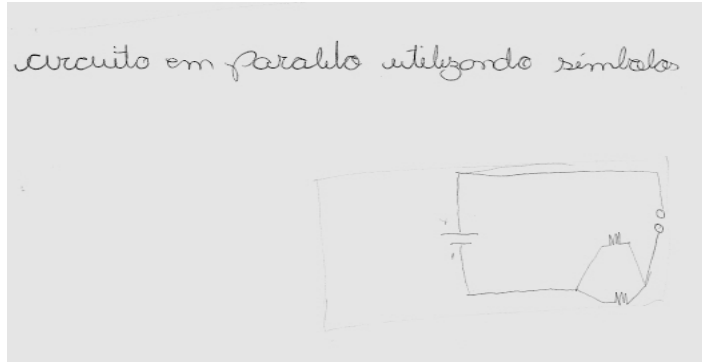


Desenho de circuito em paralelo com duas lâmpadas



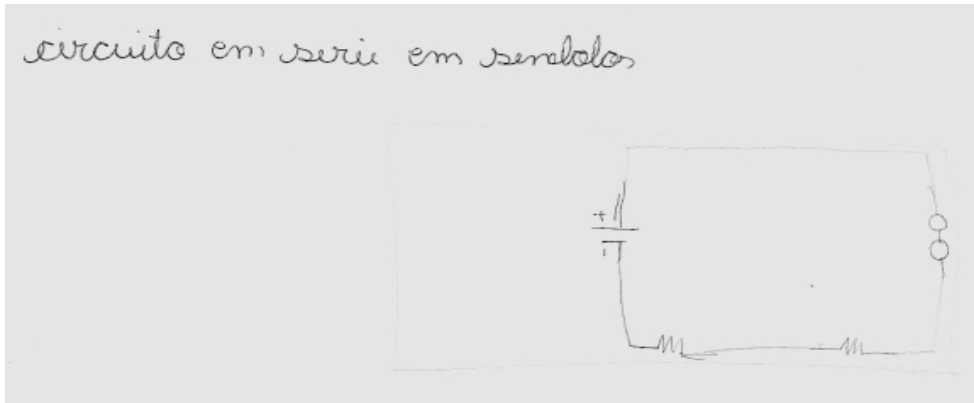
Desenho de circuito misto com três lâmpadas

circuito em paralelo utilizando símbolos



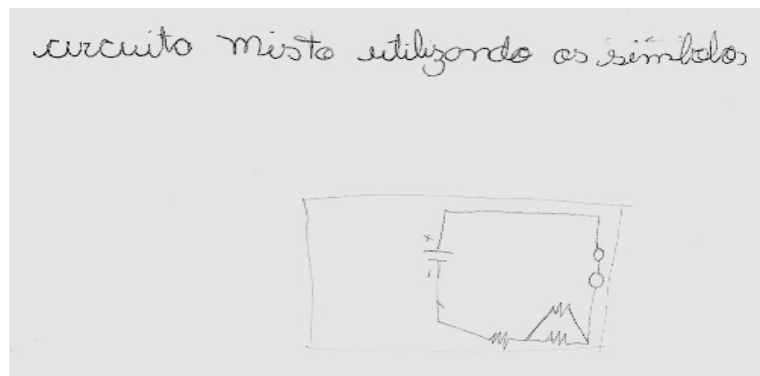
Esquema de circuito elétrico em série

circuito em série em paralelo



Esquema de circuito elétrico em paralelo

circuito misto utilizando os símbolos



Esquema de circuito elétrico misto

Entrevista com aluna B5 sobre circuito simples e em série

P- Deixo ver como esta seu desenho, B5. No equipamento ligado e desligado estou observando que você fez uma série de flechas aqui indicando...

A - Pra mim tanto faz elas irem como voltarem, quando liga aqui, elas estão circulando, quando desliga, elas param. Elas vão continuar do mesmo jeito para qualquer lado... né...

P – Então o que significa circuito elétrico pra você? Porque esta palavra circuito aparece aí? O que você acha?

A - Há... Não sei... passar energia?

P - Para que a lâmpada acenda o que foi necessário?

A – Elétrons!

P – Os elétrons estão indo de qual pólo para qual pólo?

A - Positivo...

P - Dentro da lâmpada tem algo que produz luz, você sabe dizer o que é? Olha aqui dentro e vê se você consegue identificar algo de especial.

A- Tem um araminho aqui

P- E ele é mais fino ou mais grosso?

A- Fino...

P- Você consegue ver que dentro da lâmpada tem dois arames mais grossos e um fio bem fininho?

A- Da pra ver!

P – Porque será que ele é mais fino que os outros laterais?

A – Não sei... Para passar a corrente elétrica.

P – o que você acha que aconteceria com a corrente elétrica passando por um fio bem fino como este aqui?

A – Não tenho idéia...

P – Você sabe que isto aqui é justamente o filamento da lâmpada. E o filamento da lâmpada é o que produz luz, como você acha que ele produz esta luz?

A – Por causa dos fios que estão ligados.

P – E dentro do filamento?

A – Os elétrons passando ali...

P - Tá bom! Obrigado.

Entrevista com B2 e B5 sobre o desenho dos circuitos em série, paralelo e misto.

P – Ligando este circuito aqui o que vocês estão observando?

A – Uma esta mais forte e outra esta mais fraca.

P – Esta parte do circuito vocês estão reconhecendo como o quê? Em série ou em paralelo.

A – E série...

P – Nós fizemos dois desenhos um em série outro em paralelo.

A – Tá em paralelo.

P – Esta parte aqui?

A – É

P – Está em paralelo pra vocês?

A – Sim.

P – Esta parte, portanto, é?

A – Série

P – Qual destas partes aqui esta recebendo maior voltagem?

A – A parte que esta em série...

P – Por quê?

A – Por que a luz tá mais forte!

P – o que aconteceria se eu tirasse uma lâmpada desta? (da parte em paralelo).

A – Vai apagar todas (B2)

A – Acho que não, vai apagar só aquela lá (B5).

P – Será que o brilho das lâmpadas vai mudar?

A – Acho que vai.

P – O que você acha que vai acontecer com o brilho da lâmpada.

A – Acho que vai aumentar, porque não passa tanta voltagem!

P – Olhem o brilho aumentou! Então como podemos explicar isto?

A – O brilho...

P – O brilho das duas ficou igual, e o circuito ficou em...

A – Série.

P – Portanto no circuito anterior (misto) a voltagem nos terminais da duas lâmpadas em paralelo era?

A - Menor

P – Este circuito aqui que esta em série, antes de ligarmos todas as coisas nó podemos observar que a bateria tinha 9 volts. Estas lâmpadas do circuito em série, na opinião de vocês, quantos volts?

A – 4,5V por esta divida.

P – Agora vamos voltar para o sistema em paralelo. O que aconteceu com a luminosidade das lâmpadas em relação ao circuito anterior?

A – aumentou.

P – Quantos volts você acha que elas estão recebendo agora?

A – 90V porque elas estão no mesmo (pólos)

P – Você quis dizer 9V certo?

A – É

P – A pilha só dá 9 volts?

A – (Risos) há professor... confunde!

P – consequência num sistema em série a voltagem?

A – Abaixa

P – Vocês vão observar uma lâmpada ligada. Olha o brilho dela! Agora eu vou por duas lâmpadas ligadas em série, o que aconteceu com o brilho delas?

A – Baixou!

P – Agora a pergunta é: e a corrente elétrica é a mesma de quando tem uma lâmpada ou é diferente?

A – Diferente.

P – Por quê?

A – Porque ela tem que dividir com as duas, não é?

P – Quantas correntes elétricas têm neste circuito?

A – Uma

P – Uma porque é um sistema em série. Tudo bem, por que ela é menor? Nós já sabemos que ela é menor, mas por quê?

A – Tô confusa.

P – Cada lâmpada representa uma resistência e, portanto, quando tem duas resistências em série elas somam e como consequência gera uma resistência maior a corrente elétrica se torna?

A – menor.

P – B2, você observou que no seu desenho as lâmpadas estão acessas, mas os fios não estão ligados?

A - Esqueci de ligar

Entrevista com B2 e B5 sobre a mudança de representação real (3D) para esquemas de circuito elétrico.

P – Legal! O circuito em série esta certo, em paralelo também, vamos ver o misto: ótimo, está certo também. Os esquemas dos circuitos elétricos de vocês estão corretos agora vamos a algumas perguntas: Este esquema misto tem uma parte em série e outra parte em paralelo, mostre pra mim, por favor, onde que as lâmpadas estão em série e onde elas estão em paralelo?

A – Série onde ela está sozinha e paralelo é onde tem duas lâmpadas.

P – Muito bem! No ponto onde nós temos um fio que se divide em duas ou mais lâmpadas nós o chamamos de...

A - Paralelo.

P – E quando tem apenas um fio que liga as lâmpadas nós chamamos de...

A – Série.

P – Vocês tinham como base este desenho e nossas discussões antes de montarem o circuito elétrico. Este desenho, feito nas atividades anteriores, favorecem para vocês montarem o esquema de circuito elétrico?

A – Não.

P – Não fez diferença o desenho que foi feito antes?

A – Não.

P – Quer dizer que só olhando no circuito já foi suficiente para conseguir fazer o esquema?

A – Foi.

P – Quando foi introduzido o símbolo da bateria, da chave, das resistências mudou alguma coisa no entendimento?

A – Não, mesma coisa.

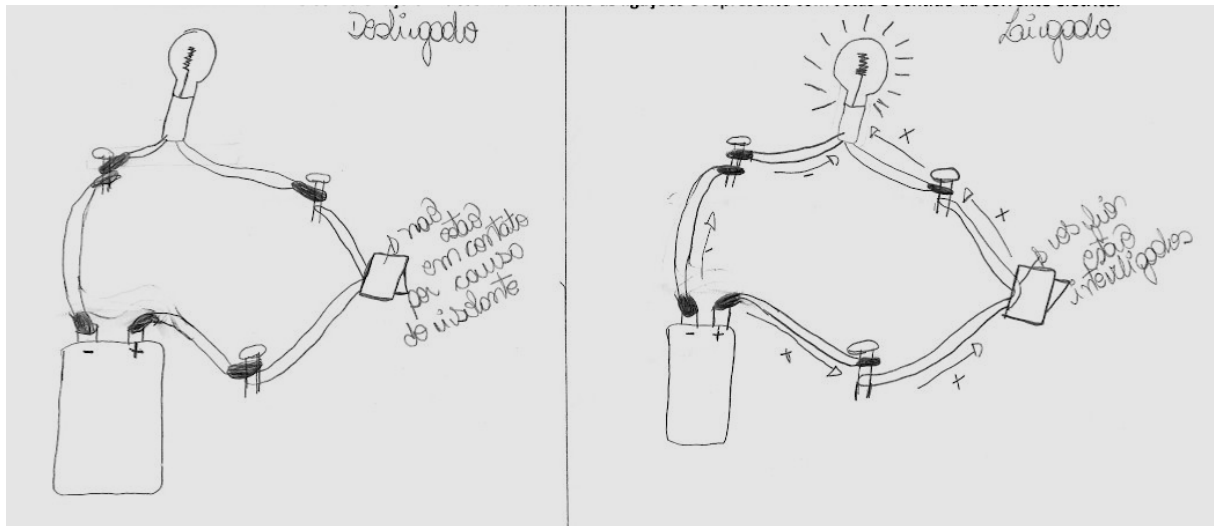
P – Se eu desse pra vocês um circuito elétrico qualquer, vocês seriam capazes de montá-lo aqui na base?

A – Séria.

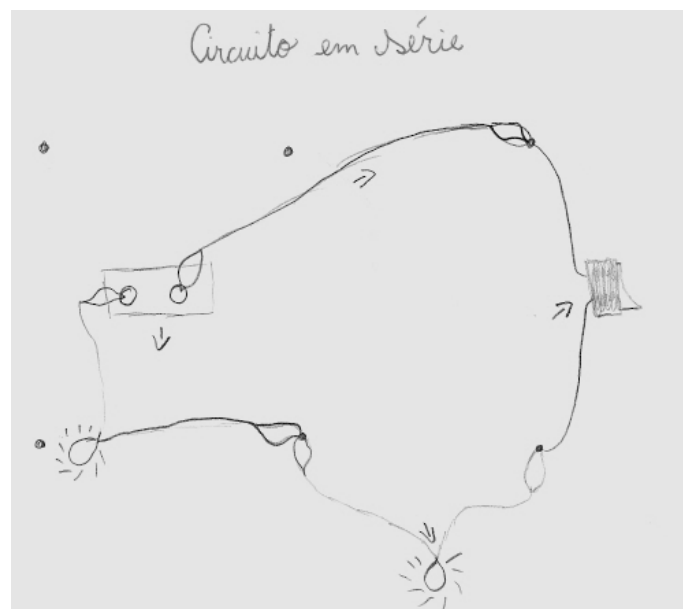
P – Muito bem, ao que tudo indica vocês já entenderam o mecanismo.

ANEXO C

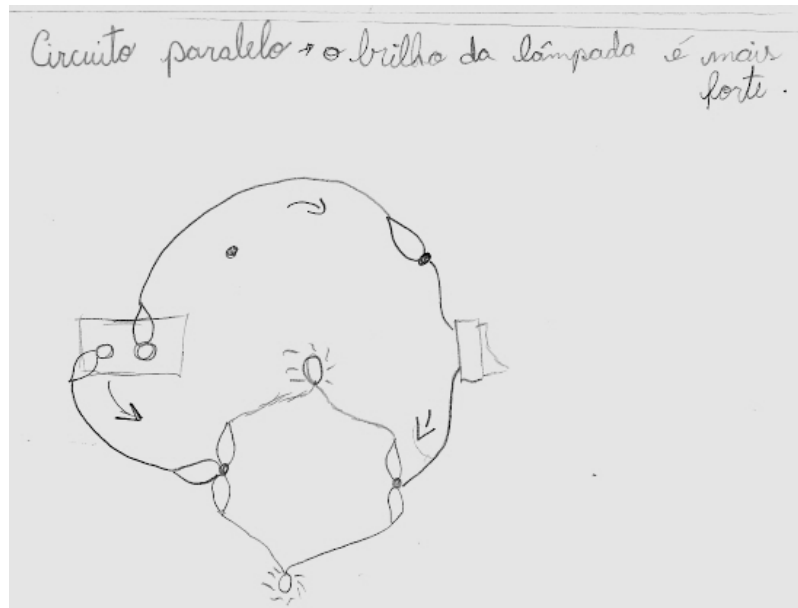
Desenhos, Esquemas e Entrevistas da Aluna B4



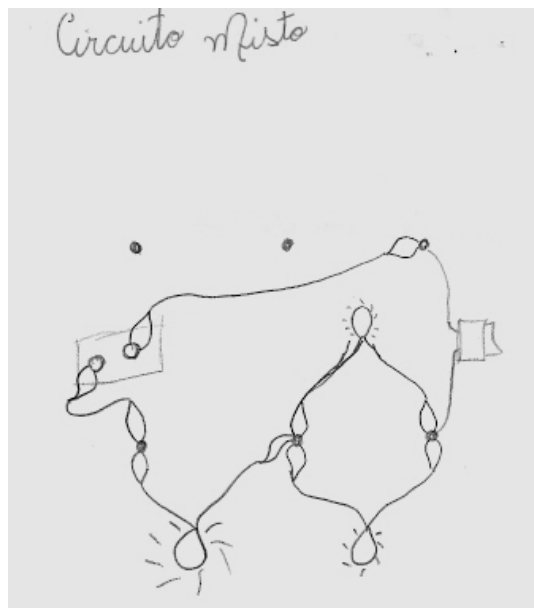
Desenhos de circuito simples ligado e desligado



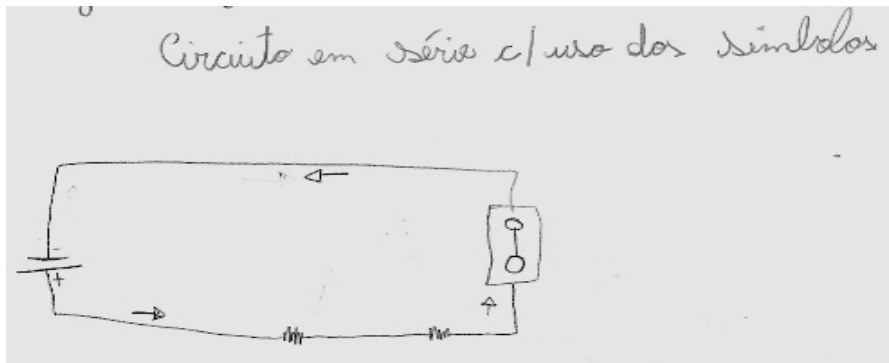
Desenho de circuito em série com duas lâmpadas



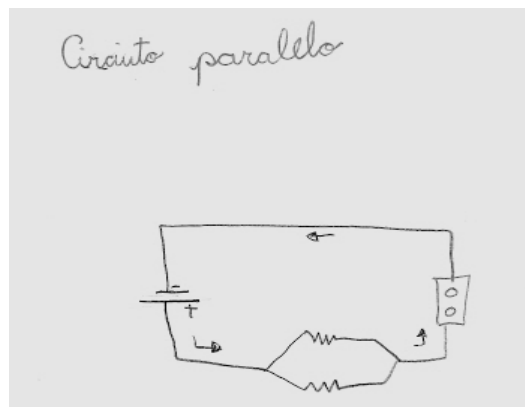
Desenho de circuito em paralelo com duas lâmpadas



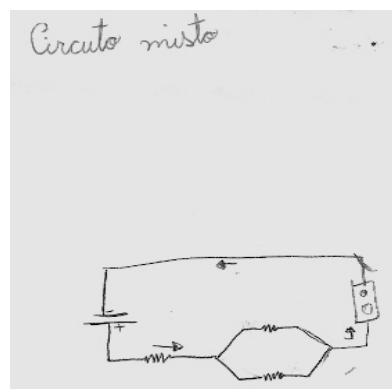
Desenho de circuito misto com três lâmpadas



Esquema de circuito elétrico em série



Esquema de circuito elétrico em paralelo



Esquema de circuito elétrico misto

Entrevista com B4 sobre circuito simples.

P- B4, você fez um circuito aqui, certo? Deste lado está ligado e deste está desligado. Qual você acha que é a condição necessária para um circuito funcionar? O que ele precisa ter para ele funcionar? O que este aqui (ligado) tem que faz com que ele funcione?

A – Bateria...

P- E a fiação tem alguma influência no circuito? Esta fiação que esta aí qual a finalidade dela?

A – Levar os elétrons da bateria até a lâmpada.

P- Então o que significa corrente elétrica para você? Olhando para este desenho tem uma seta que indica um movimento de um pólo para outro, o que isto tem a ver com corrente elétrica?

A - É como o que vai do pino da bateria até o fio da lâmpada.

P- Eu observei que você também fez uma flechinha saindo do pólo positivo e outra saindo do pólo negativo, o que isto significa pra você? Como a Luz é produzida aqui?

A - Com a junção do positivo com o negativo...

P- Você acha que a luz que é produzida pela lâmpada está na junção do positivo com o negativo? É esta a idéia que você tem? Ou é alguma outra idéia que possa explicar esta produção de luz?

A – Não... Acho que é isto... é a junção dos dois!

Entrevista com B1 e B4 sobre circuitos em série, paralelo e misto.

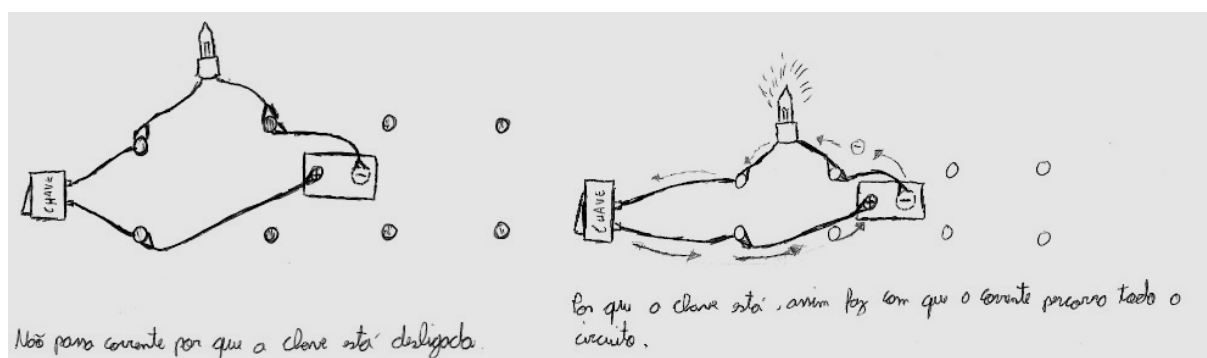
Ver Anexo A.

Entrevista com B1 e B4 sobre a mudança de representação real (3D) para esquemas de circuito elétrico.

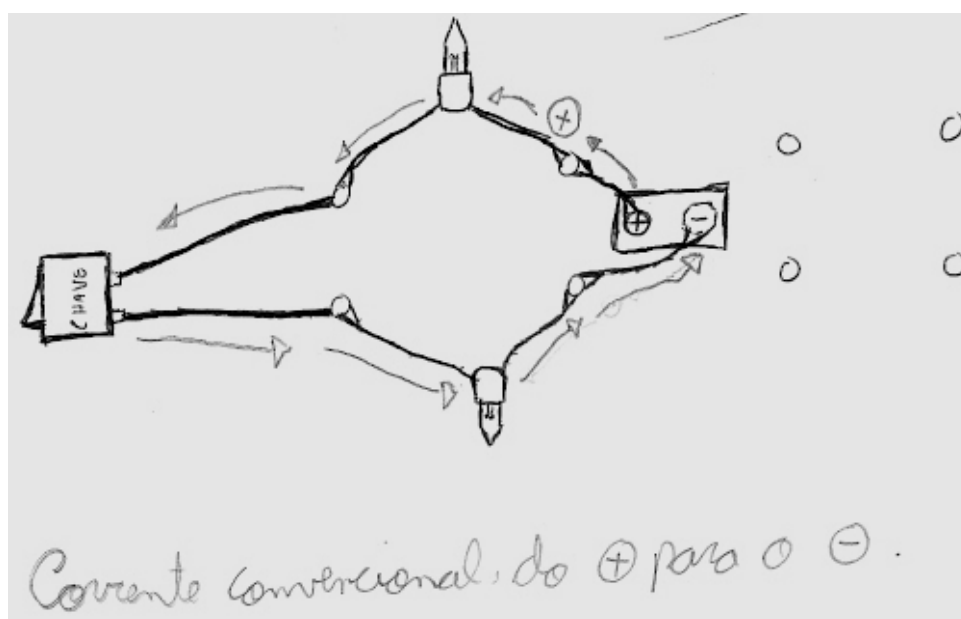
Ver Anexo A.

ANEXO D

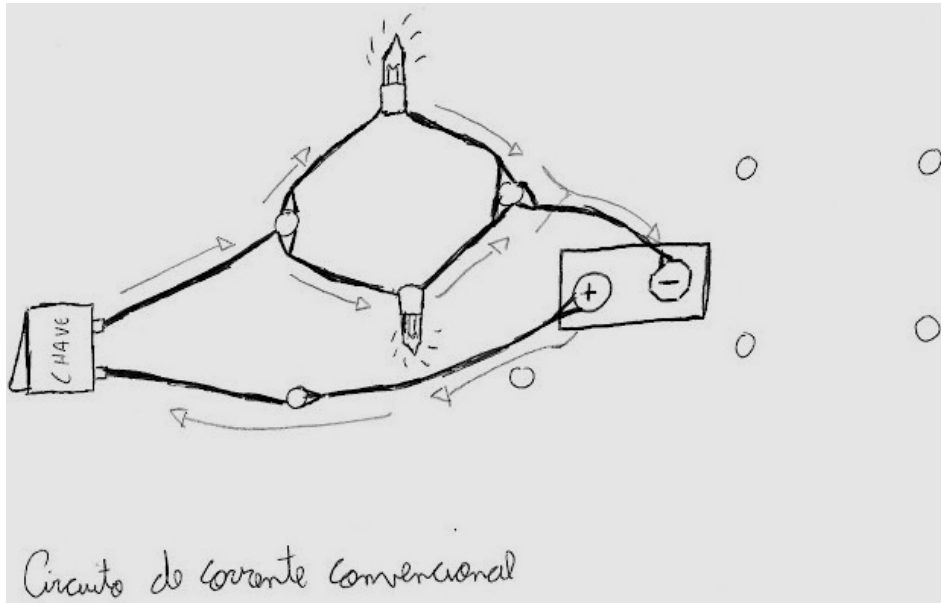
Desenhos, Esquemas e Entrevistas do Aluno A1



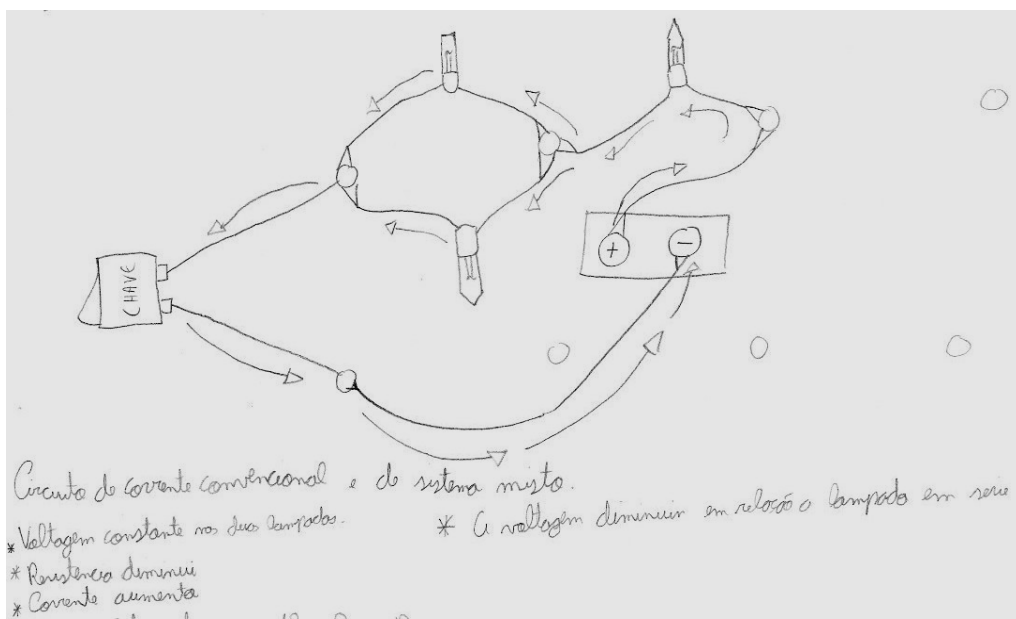
Desenhos de circuito simples ligado e desligado



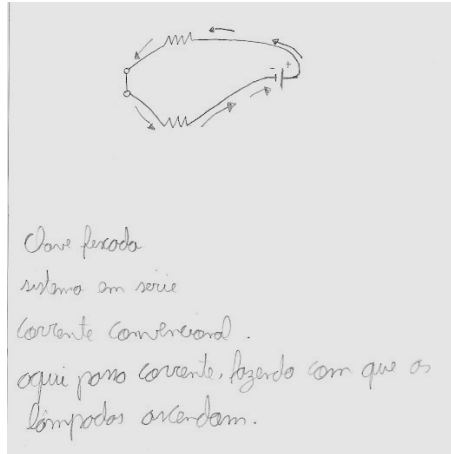
Desenho de circuito em série com duas lâmpadas



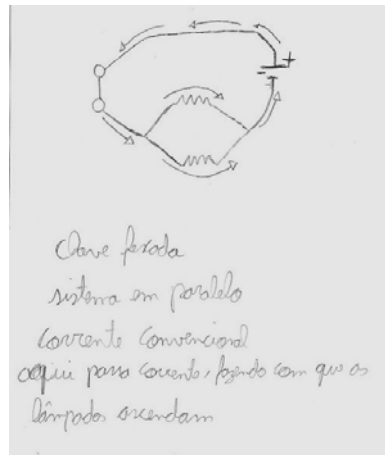
Desenho de circuito em paralelo com duas lâmpadas



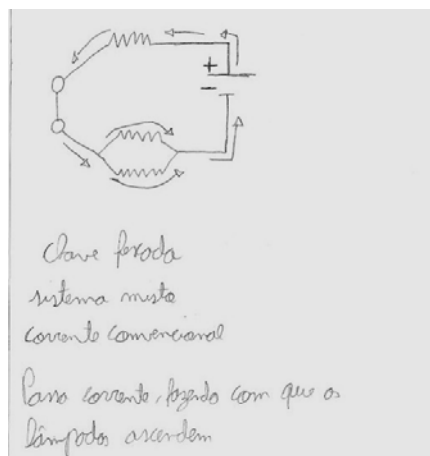
Desenho de circuito misto com três lâmpadas



Esquema de circuito elétrico em série



Esquema de circuito elétrico em paralelo



Esquema de circuito elétrico misto

Entrevista com A1 sobre circuitos elétricos simples ligados e desligados.

P - Ok, A1! Vamos ver o seu desenho. Você fez um desenho bem detalhado. Utilizando até os suportes. No seu desenho nós temos uma seta saindo do negativo e indo para o pólo positivo, este é o movimento de qual partícula?

A – Elétrons.

P – Uma das coisas que nós vamos instruir vocês é que ao desenhar um circuito elétrico, a melhor maneira de representar, ou a mais usada no caso, é mostrar a seta que representa a corrente elétrica saindo do pólo positivo, apesar desta representação ser a do sentido convencional da corrente elétrica, já que o real é o contrário do pólo negativo para o positivo. No futuro, se vocês se aprofundarem em circuitos elétricos, perceberam que não faz diferença de qual pólo ela esta saindo. No caso da medida de uma diferença de potencial no multímetro ao mudar os contatos nos pólos, muda apenas o sinal da medida sem alterar seu valor. Ao resolver uma equação envolvendo corrente elétrica o sinal negativo representa apenas que ela está se movendo no sentido contrário ao do referencial adotado..

A – A corrente real e convencional...

P – Quando você fala corrente elétrica real e convencional, você esta explicitando o movimento das partículas dentro dos fios, no caso os elétrons. Mas existe uma coisa que é bem diferente entre esta bateria que nós estamos usando e a energia que usamos na nossa casa, por exemplo, Você sabe qual é? Qual conceito físico que esta por trás? A pilha ou a bateria tem um determinado valor, já nas tomadas é um valor bem maior, o que é?

A – Volts!

P – Exatamente! Quanto é esta pilha?

A – 9 volts.

P – quanto é na nossa casa?

A – 127 volts.

P – O que acontece se ligarmos diretamente os dois fios da tomada?

A – Dá curto!

P – E aqui na bateria, o que acontece se ligarmos os fios formando um curto?

A – Pega fogo, acho...

P – Não é bem assim, de fato o sistema esquentaria e descarregaria a bateria. No entanto eu quero chegar no entendimento da voltagem em si. A diferença de potencial nas tomadas elétricas de uma casa é muito maior do que o que esta na bateria. Se por acaso nós tivéssemos feito o mesmo circuito elétrico utilizando lâmpadas grandes e comuns e ligado de forma incorreta na tomada com certeza tinha dado um curto circuito dos grandes aqui e poderia até

pegar fogo nos fios. É justamente por este motivo que nós estamos usando bateria e lâmpadas pequenas e de baixa voltagem. Agora, se você entendeu o que aconteceu com voltagem pequena, certamente, também compreenderá no caso de voltagens maiores. Desta forma, você pode ligar qualquer circuito elétrico, pois noção de ddp ou voltagem já esta formada. Se lá na sua casa você ligar diretamente dois fios de pólos diferentes, já sabe que vai dar curto circuito e sabem também a razão de ele estar acontecendo.

P – Ok, obrigado A1! Vamos para o circuito em série.

Entrevista com A1 sobre circuitos em série com duas resistências.

P – Vamos lá A1, nós vamos conversar sobre três coisas. O que você acha que esta acontecendo com a corrente elétrica, com a voltagem e com a resistência?

P – Pra começar aonde esta a resistência neste circuito?

A – Na lâmpada.

P – Então, quantas resistências têm aqui agora?

A – duas.

P – A Resistência do circuito aumentou ou diminuiu?

A – Aumentou.

P – Considerando que as lâmpadas são iguais a resistência do circuito...

A – Dobrou.

P – Em relação ao circuito anterior com uma única lâmpada, a resistência aumentou. O que você pode observar na luminosidade das lâmpadas?

A – Se tornou menor.

P – Ela ficou menor, por quê?

A – Diminui a corrente... A voltagem é a mesma...

P – A bateria é a mesma, portanto a voltagem é a mesma! Agora será que cada lâmpada esta recebendo a mesma voltagem?

A – Acho que sim!

Entrevista com A1 sobre circuito em paralelo com duas resistências.

P – Algumas conclusões que nós já temos sobre circuitos elétricos em paralelo. A voltagem não muda. A resistência... O que acontece com a resistência neste circuito em paralelo?

A – Diminui...

P – Certo, ela diminui. No caso de uma lâmpada ligada a resistência é uma. Quando há duas lâmpadas ligadas em paralelo a resistência do circuito cai pela metade, se a lâmpadas forem

iguais. Agora o que precisa ser respondido é o que ocorre com a corrente elétrica em um circuito em paralelo com duas lâmpadas iguais?

A – A corrente elétrica divide entre as duas, não divide?

P – Exatamente. Neste caso a corrente elétrica dividindo entre as duas lâmpadas ela se torna menor ou maior?

A – Maior!

P – Portanto, quando eu ligo duas lâmpadas em paralelo a resistência do circuito diminui e a corrente elétrica?

A – Aumenta.

P – Da um exemplo na nossa vida cotidiana deste tipo de circuito?

A – Nossa própria casa!

P – Então significa que quanto mais aparelhos eu ligo na tomada... o que ocorre com a corrente elétrica e com a resistência no circuito casa? Ou seja, pensando na corrente elétrica que está entrando lá no relógio.

A - A corrente vai ser maior!

P - A cada aparelho que é ligado na tomada e começa a funcionar aumenta a corrente elétrica. E a voltagem?

A – Continua a mesma.

P – Então o circuito em paralelo é o que a gente usa comercialmente.

A – Mas, por que no litoral a voltagem é maior?

P – Você está falando do 220V nas praias do litoral de Santa Catarina, certo?

P – um dos motivos é que neste estado se optou por este padrão de distribuição de energia, enquanto no estado do Paraná o padrão é 127V. Para se estabelecer o padrão 127V é necessário que exista aterramentos nos postes com transformadores e nas casas em geral, feitas com haste de cobre...

A – Se nós levamos um rádio daqui pra lá (praia), aqui sendo 110V e lá 220V, o que acontece, o rádio não pega?

P – Se você leva o rádio para a praia e não muda a chave ele queima.

P – Para concluir o circuito em paralelo nós temos que a corrente elétrica?

A – aumenta

P – Por quê? Porque ela reparte um pouco para cada lâmpada!

P – Voltagem?

A – Permanece a mesma!

P – E a resistência?

A – Diminui!

A – Você pode dar um exemplo em números?

P – Então vejamos. Se eu ligar uma lâmpada vamos supor que por ela passe 1 Ampère, então se eu ligar duas lâmpadas em paralelo elas vão necessitar 2 Ampères para funcionar. E porque tem que ser 2 Ampères? Porque a luminosidade das duas não foi alterada. Neste caso a voltagem é a mesma e a corrente elétrica é que aumenta. Então voltado ao exemplo de uma casa, quando você liga um aparelho na tomada, ele vai receber a mesma voltagem que qualquer outro aparelho que você ligar em outra tomada, mas o que vai alterar no circuito casa é a corrente elétrica que passa a fluir como maior intensidade. Ou seja, mais Ampères vão passar pelo medidor de energia da casa.

Entrevista com A3 e A1 sobre circuito misto com três lâmpadas.

P – O que vocês montaram neste desenho de circuito?

A – Um circuito misto.

P – De que forma que ele é misto? Ou seja, um circuito misto tem que estar em série e em paralelo ao mesmo tempo. De que forma vocês estão visualizando isto aqui no seu desenho?

A – Aqui está em série (mostrando uma resistência sozinha ligada a duas outras em paralelo)

P – então neste ponto aqui, ou seja, deste terminal até este só tem uma lâmpada, portanto, entre este terminal e este outro a lâmpada esta em série. Deste ponto em diante o circuito abre em duas lâmpadas que, portanto, estão em paralelo.

P – Supondo agora uma análise da corrente elétrica convencional, ou seja, que sai do pólo positivo quando ela passa dentro da primeira lâmpada eu posso dizer que neste instante ela é única, pois só existe um caminho para ela (corrente elétrica). Agora quando ela chega neste ponto de bifurcação, o que acontece com a corrente elétrica?

A – Ela se divide. Um pouco para uma lâmpada e outro pouco para outra.

P – Outra pergunta: Aqui nós temos o terminal da parte que esta em série e o terminal da parte que está em paralelo, o que acontece com as voltagens?

A – A voltagem nestes terminais?

P – Isto!

P – Esta voltagem nestes terminais é a mesma voltagem na bateria, você concorda?

A – Sim!

P – e a voltagem entre os terminais que separam as resistências?

A – Vai ser a voltagem apenas desta lâmpada.

P – vamos mudar o foco da pergunta. A onde tem mais resistência, ou seja, a onde a resistência é maior nestes terminais onde a lâmpada esta sozinha ou neste outro onde existem duas lâmpadas em paralelo?

A – Onde esta sozinha!

P – E a voltagem é maior ou menor neste mesmo ponto?

A – Menor.

P – Então vamos verificar com o multímetro.

P – Entre os terminais com apenas uma lâmpada marca 4,8 V e onde tem duas lâmpadas em paralelo marca 1,7V, ou seja...

A – A voltagem também diminui onde tinha duas lâmpadas.

A – Isto significa que a voltagem nos terminais de uma lâmpada é maior do que onde tem duas em paralelo?

P – Pois bem, vamos entender o que esta ocorrendo no circuito misto. Nós pudemos observar que a voltagem entre os terminais com uma lâmpada sozinha no sistema misto deu 4,8V e nos terminais onde as lâmpadas estão em paralelo deu 1,7 V, isto que dizer que, nesta parte do circuito onde tem duas lâmpadas em paralelo é menor por que a resistência é menor e nos terminais da lâmpada sozinha a voltagem deu maior por que a resistência é maior. Vamos olhar esta folha de papel, se vocês observarem bem aqui existe uma resistência que logo em seguida o circuito abre em dois, o que nós chamamos de paralelo, passa pelas lâmpadas junta novamente e volta para a bateria. Acontece o seguinte, este entroncamento aqui, é que vai me dar a diferença de voltagem, ou seja voltagem 1 e 2. Portanto a voltagem um esta para resistência 1 que esta sozinha, no entanto, a voltagem 2, está para a duas resistência em paralelo onde, em seu conjunto, a resistência é bem menor, no caso a metade. Ou seja, o conjunto de 2 resistências e paralelo esta em série com a resistência sozinha e pela formula que já vimos na sala de aula, $U=ri$, que é a primeira lei de Ohm, temos que onde a resistência é maior a corrente elétrica é maior, onde a resistência e menor a voltagem é menor é por isso que nossa medida de voltagem deu maior para a lâmpada sozinha do que para as duas lâmpadas em paralelo. Conclusão em um circuito em série, onde a resistência é maior a voltagem é maior também.

P – Nós podemos dizer que a corrente elétrica aumentou ou diminui em relação a um circuito em série onde não aparece esta parte (duas em paralelo)?

A – Quando aparece a parte mista a corrente aumentou.

P – Certo, como na parte em paralelo do circuito misto reduz o valor da resistência do circuito como um todo a corrente elétrica tem que ser maior.

P - Como última pergunta de hoje, o que acontece com a luminosidade das lâmpadas?

A – onde tem duas lâmpadas em paralelo a luminosidade é menor.

P – Qual a explicação para este fato?

A – A corrente elétrica na parte paralela esta sendo cortada para duas.

P – e a voltagem tem algum efeito no circuito?

A – Sim

P – A voltagem que esta sendo fornecida pela bateria se distribui como pelo circuito?

A - Existe diferença.

P – concluindo onde existem duas lâmpadas em paralelo a voltagem é menor e onde tem uma lâmpada sozinha em série com as outras duas a voltagem é maior.

P – Portanto onde a lâmpada esta sozinha a voltagem é...

A – Maior.

P – E onde as lâmpadas estão em paralelo a voltagem é...

A – Menor.

P – Então, pensando em voltagem, qual a explicação da luminosidade ser menor?

A – pela voltagem ser menor.

Entrevista com A1 sobre a mudança de representação dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto do real (3D) para o esquema.

P – A1 o seu primeiro esquema elétrico é um sistema em série, nos fizemos desenhos com a chave aberta e com a chave fechada no encontro anterior, o que você pode dizer da função do desenho, ele facilitou ou não o seu entendimento na hora de montar este esquema elétrico?

A – Facilitou bem mais!

P – De que forma o desenho lhe criou facilidades? Qual foi, na sua opinião, o ponto principal?

A – O posicionamento das lâmpadas, da bateria a localização mesmo.

P – Agora, quando nós introduzimos os símbolos: da bateria, resistência, houve alguma dificuldade em se adaptar a eles?

A – Não foi normal, porque eu já sabia pra que lado ia a corrente.

P – Você conseguiu associar os símbolos que nós colocamos no quadro os elementos que estão no circuito?

A – Sim!

P – O desenho também te ajudou nesta etapa de entendimento dos símbolos?

A – Bem... o esquema aqui montado e o desenho anterior facilitou bastante. O que eu tinha antes feito no desenho, agora foi só substituir pelos fios.

P – Então foi algo direto, simples até de fazer?

A – sim!

P – Vamos recordar o sistema em paralelo. O que você pode observar em relação ao brilho das lâmpadas? Vamos fazer uma comparação entre o sistema em série com duas lâmpadas e o sistema em paralelo, qual deles apresentou o maior brilho?

A – Paralelo.

P – Isto se deve a que?

A – a maior corrente... Maior resistência...

P – E a voltagem? Ela tem algum envolvimento?

A – Não.

P – Por exemplo: no sistema em série você tem duas lâmpadas e no sistema em paralelo também tem duas lâmpadas, as lâmpadas estão recebendo a mesma voltagem?

A – Não, em paralelo divide!

P – Aqui (esquema em paralelo) divide o quê? Corrente ou voltagem?

A – Corrente!

P – Se a corrente divide o que ocorre com a voltagem?

A – A voltagem é a mesma!

P – E no outro sistema

A – Divide a voltagem e a corrente é a mesma!

P – Para solucionar os problemas de entendimento dos conceitos que nós acabamos de conversar, você acha que os desenhos anteriores que nós fizemos influenciaram no seu aprendizado?

A – Sim

P – Ficou mais fácil montar o circuito elétrico hoje, após toda essa discussão juntamente com os desenhos da fase anterior?

A – Ficou bem mais fácil, porque na aula anterior deu pra treinar um pouco, eu consegui perceber o que era errado e o que não era, e hoje foi mais tranquilo!

P – E esta noção da onde divide corrente elétrica e da onde divide voltagem, você sente que já se apropriou desta noção? Você se sente capaz de montar circuitos mais complexos do que estes?

A – Sim.

P – Ótimo. Esta vai ser a nova etapa.

P – Analisando agora o esquema de circuito elétrico misto, qual delas apresentou o maior brilho?

A – Em série.

P – Isto se deve a que?

A – A uma corrente só pra ela.

P – Aqui passa uma corrente (em serie), neste ponto ela se divide (paralelo)

A – Certo!

P – Esta parte do circuito onde há duas lâmpadas em paralelo funciona com se fosse uma única resistência que está em série com a lâmpada sozinha, o que acontece com a voltagem?

A – Ela divide

P – Quem recebe a maior voltagem, a lâmpada sozinha ou o conjunto de duas lâmpadas em paralelo?

A – O que tem uma!

P – Por quê?

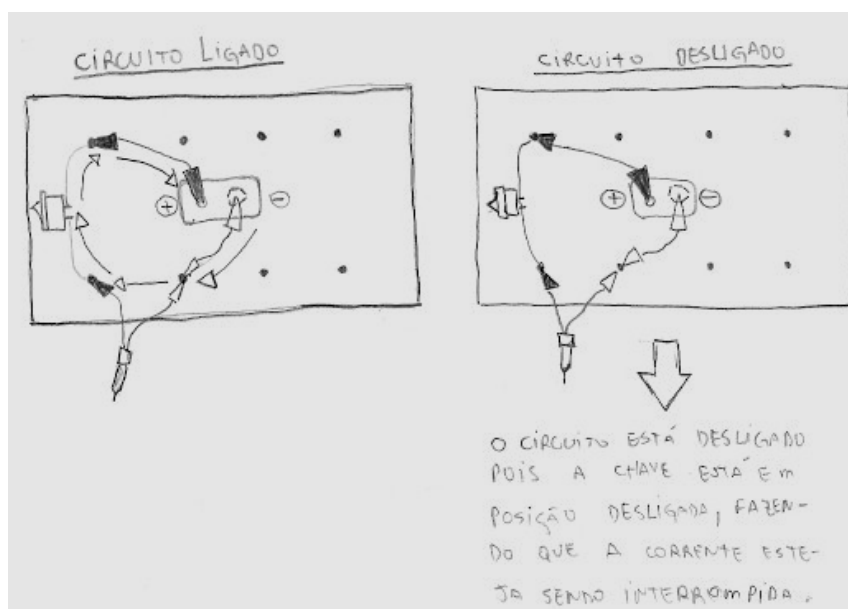
A – Porque a resistência é menor... quer dizer maior, maior!

P – Onde você desenhou uma resistência, você não sentiu a necessidade de colocar uma letra para representá-la? Por exemplo 'R' de resistência ou 'L' de Lâmpada?

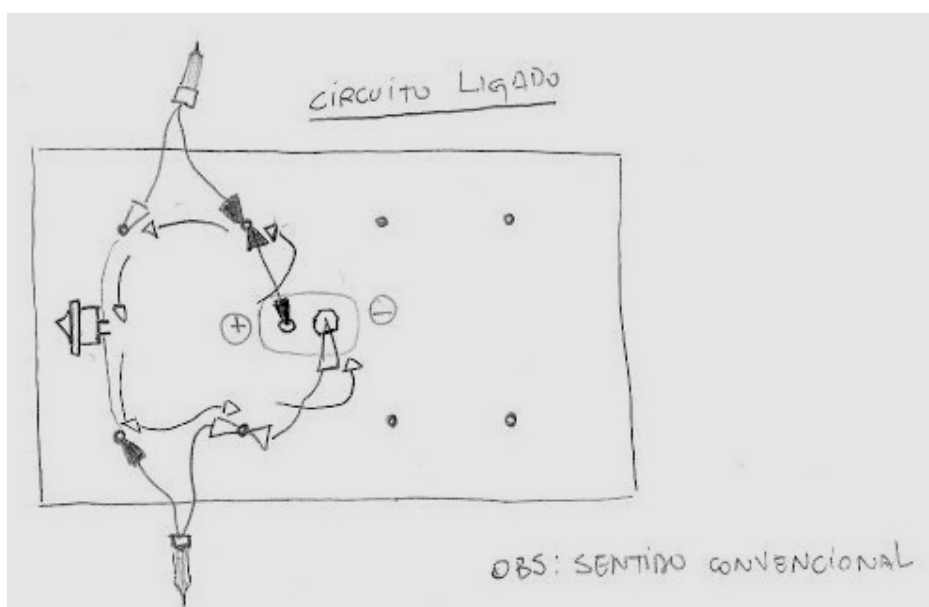
A – Não, eu já sei que este símbolo vale para lâmpada.

ANEXO E

Desenhos, Esquemas e Entrevistas do Aluno A2



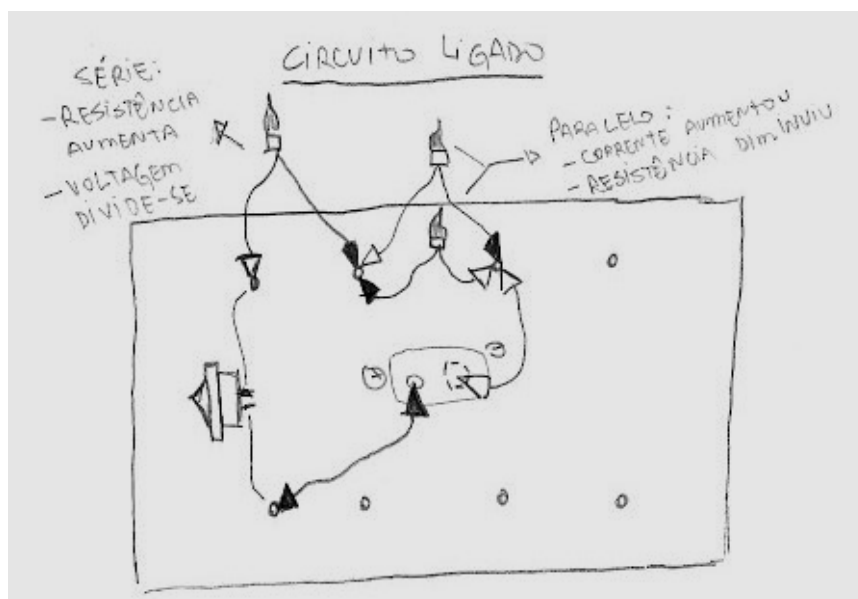
Desenhos de circuito simples ligado e desligado



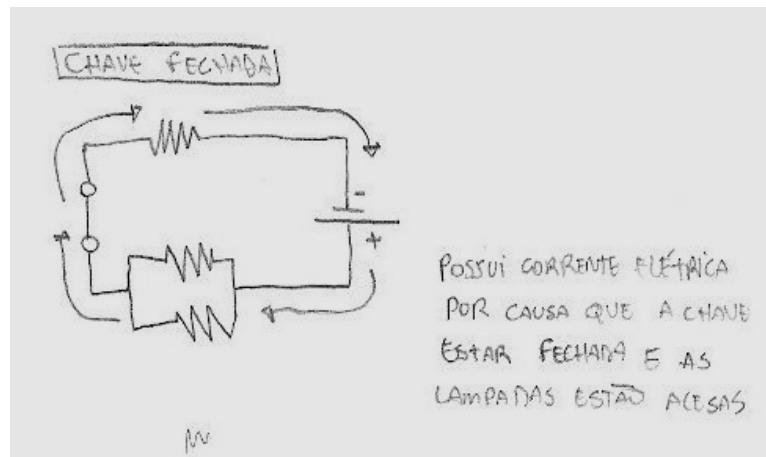
Desenho de circuito em série com duas lâmpadas



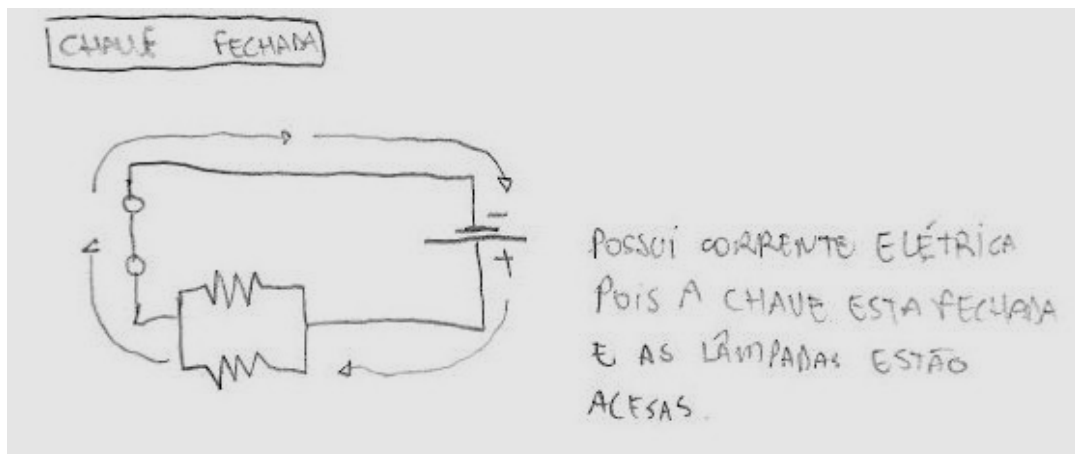
Desenho de circuito em paralelo com duas lâmpadas



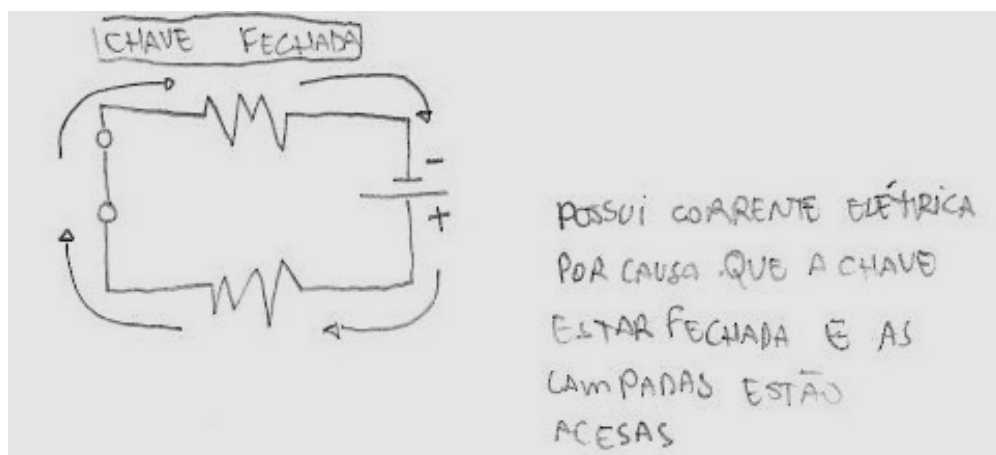
Desenho de circuito misto com três lâmpadas



Esquema de circuito elétrico em série



Esquema de circuito elétrico em paralelo



Esquema de circuito elétrico misto

Entrevista com A2 sobre circuito simples ligado e desligado.

P - Você entendeu a função da chave?

A – É interromper a corrente.

P – Exatamente! E aqui dentro da lâmpada você sabe que tem alguma coisa que nós chamamos de filamento. Este filamento pra nós é também uma resistência, você saberia me dizer o que provoca a luz já que o filamento tem uma resistência, mas dentro deste fio também tem resistência, porque necessariamente é o que esta dentro da lâmpada que acende?

A – Por ondas...

P – A onda... Você quer dizer que a luz é um tipo de onda, certo?

A – É

P – Mas dentro da lâmpada tem algo que a faz acender, a corrente elétrica está passando, é alguma coisa que esta acontecendo aqui dentro. Olhe bem para a lâmpada e veja o tipo do fio, quem sabe algo lhe chame atenção.

A – É ele parece ser diferente

P – Você consegue perceber que aqui dentro da lâmpada tem dois arames mais grossos e um bem fininho no meio.

A – O bem fininho faz a junção dos dois mais grossos.

P – Exatamente. Este que faz a junção é o filamento. Por que ele é mais fino?

A – Não sei dizer.

P – Vamos olhar a lâmpada bem de perto. O que acende é o arame da direita, da esquerda ou o do meio mais fininho?

A – O mais fino.

P – Isto quer dizer que é o filamento que acende. Neste caso o filamento vai ter maior resistência ou menor resistência do que o restante do circuito?

A – Maior...?

P – Por que será que justamente o filamento que acende? Qual é o processo ou principio físico, o que realmente esta acontecendo ali pra ele acender?

P – Bom da pra perceber, apesar desta lâmpada ser bem fraquinha, coloque a mão nela, o que você consegue perceber?

A – Ela esquenta.

P – Isto significa que o processo físico ou o principio físico que faz com a lâmpada funcione e um processo que também aquece, certo?

A – tá...

P – Agora se você se recordar das resistências já estudadas como do: ferro elétrico, chuveiro elétrico, elas fazem alguma coisa, o quê?

A - No chuveiro faz esquentar a água e no ferro esquentar a chapa.

P – E esta resistência da lâmpada, o que está acontecendo com ela?

A – Vai esquentar entre os dois fios.

P – E justamente por ele ser mais fino é que ele está esquentando. Agora a pergunta é porque que não queima?

A – Não sei

P – Dentro deste bulbo de vidro não tem oxigênio, mas sim um gás inerte. Só queimaria ou pegaria fogo se o oxigênio estivesse presente. Caso eu quebre o vidro e tente ligar a lâmpada o que ocorre?

A – Ela pegaria fogo.

P – De fato ela pegaria fogo ou queimaria no termo comum por alguns segundos e daí ela rompe o filamento. Então quando queima uma lâmpada de filamento em casa o mais provável é que a vedação dela estragou.

P – O que você acha que tem dentro da bateria que provoca a corrente elétrica?

A – Voltagem.

P – A palavra voltagem é uma coisa importante, mas o que ela significa?

A – liberação de energia.

P – Tudo bem, quais são os elementos que estão dentro da bateria que produzem esta voltagem?

A – Não sei.

P – Vamos ver o seu desenho. Aqui você tem o circuito ligado o circuito desligado. Neste aqui você fez uma feição... Este é o pólo negativo da bateria e este o positivo?

A – Exato.

P – Você está indicando que a corrente elétrica sai do negativo e vai para o positivo?

A – Certo.

P – Este é o sentido de quais partículas conhecidas do átomo? Prótons ou elétrons?

A – Elétrons.

P – Se é negativo é elétrons, certo! É um caso que nós precisamos esclarecer bem, pois é um ponto importante de circuitos elétricos você saber de onde vem e pra onde vai a corrente elétrica. Valeu, obrigado resta agora resolver a questão dos elementos de dentro da bateria que produzem a ddp. Obrigado!

Entrevista com A2 sobre circuito em série com duas resistências.

P – A2, o que mudou no seu circuito, o que você consegue perceber de diferente?

A – A divisão de energia.

P – Tudo bem, quando nós ligamos o circuito a luminosidade é maior, menor ou igual a do caso com apenas uma lâmpada no circuito anterior?

A – Menor!

P – O que esta fazendo com esta luminosidade seja menor?

A – Por que a resistência diminuiu?

P – Bem se é um sistema em série, antes tinha uma lâmpada, agora tem duas. Um sistema em série de resistência provoca o que, aumenta ou diminui a resistência do circuito?

A – Se você ligada duas aumenta!

P – Bom, se você tem duas resistências em série, e elas são do mesmo valor, pois as lâmpadas são iguais então quer dizer que a resistência do circuito....

A – Aumentou!

P – De quanto!

P – Vamos supor que a resistência aqui seja de 1 ohm. Se eu ligar duas terei?

A – 2 Ohms.

P – Então, ela dobrou é possível que a luminosidade da lâmpada tenha caído pela metade. O que é que mudou do circuito simples para este que faz com que a luminosidade caia?

P - Nós temos resistência, corrente elétrica e voltagem. Para o circuito elétrico como um todo, a voltagem é a mesma, pois a bateria é a mesma. A corrente elétrica aumentou ou diminuiu?

A – Diminuiu.

P – A resistência total?

A – Aumentou.

P – E a voltagem para cada lâmpada?

A – É a mesma. (os mesmos 9 volts)

Entrevista com A2 sobre circuito misto com três lâmpadas.

P – Muito bem A2 aqui nos temos um circuito elétrico misto, você sabe me dizer porque ele é chamado assim?

A – Por que tem dois tipos de associação.

P – Onde esta, neste circuito, a associação em série e onde esta em paralelo?

A – Aqui é em série (lâmpada sozinha) e aqui é em paralelo (duas lâmpadas).

P – Conclusão: onde tem apenas uma lâmpada no circuito é a parte em série e onde tem duas juntas é a parte em paralelo.

P – O que acontece com a resistência do circuito neste ponto aqui, no ponto onde começa a associação em paralelo? Se todas as lâmpadas são iguais, aqui eu tenho uma resistência, o que aconteceu com a resistência neste ponto onde o circuito se divide em duas lâmpadas?

A – Diminuiu!

P – Neste ponto aqui (lâmpadas em paralelo eu tenho uma resistência menor, vocês concordam?

P – Vamos fazer um desenho para entender melhor a questão. Colocamos aqui no papel uma resistência em série e outras duas em paralelo ligadas nela. Vocês concordam que as resistências que estão nestes terminais (lâmpada sozinha) e neste outros terminais (lâmpadas em paralelo) são diferentes, certo. Em que ponto a resistência é maior?

A – Na parte que a lâmpada esta em série ela é maior.

P – O que acontece com a voltagem? Onde eu tenho maior voltagem, nos terminais de uma lâmpada só ou nos terminais com as duas lâmpadas em paralelo?

A – (Sem resposta)

P – Sendo assim vamos recorrer ao multímetro para solucionar este problema. Medida nos terminais em paralelo 1,5 V, agora medido nos terminais da lâmpada em série 4,5V. Conclusão a voltagem aqui (lâmpada sozinha) é maior, portanto onde tem uma lâmpada sozinha a voltagem é maior. O que isto tem a ver com a luminosidade?

A – Na associação em paralelo a corrente aumenta.

P – Vejamos o que esta ocorrendo no circuito como um todo. Aqui a corrente sai da bateria passa pela primeira lâmpada em série e chega a junção das duas lâmpadas em paralelo onde ela se divide, ou seja, a corrente elétrica vai um pouco para uma lâmpada e outro pouco para a outra lâmpada da associação em paralelo. Em fim esta é a explicação porque a luminosidade é menor?

A – Acho que não seria a principal.

A – A resistência também diminui.

P – Então, o que acontece com a resistência onde ela esta em paralelo?

A – Diminui.

P – No entanto a primeira lâmpada funciona como uma limitadora da passagem da corrente elétrica provocando baixa luminosidade nas lâmpadas em paralelo. E também a voltagem na parte paralela do circuito misto é bem menor do que na parte em série. O que nós

confirmamos pelo multímetro, ou seja, para a luminosidade ser igual, como as lâmpadas são iguais, a voltagem também deveria ser igual.

Entrevista com A2 sobre a mudança de representação dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto do real (3D) para o esquema.

P - Tudo bem A2. Aqui nós temos um circuito simples com chave aberta e chave fechada. Um circuito em série com chave aberta e fechada e um circuito em paralelo com chave aberta e fechada. Vamos analisar este dois primeiro!

P – Aqui nós temos um circuito com a chave aberta onde você não colocou uma fecha indicando a passagem da corrente elétrica, por quê?

A – Por que como a chave tá aberta não passa corrente elétrica.

P – No outro desenho você fecha indicando a corrente elétrica, por quê?

A – tá passando energia.

P – No circuito em série as lâmpadas apresentam o certo brilho, já no sistema em paralelo o brilho é diferente. Qual dele apresenta maior brilho?

A – Em série...

P – No sistema em série o que acontece com a voltagem?

A – a voltagem é a mesma.

P – No sistema em série e no sistema em paralelo tem uma diferença básica que esta na voltagem e na corrente elétrica. No sistema em paralelo você pode perceber que a fiação abre em duas, então quem é que divide?

A – A corrente elétrica.

P – Portanto, a corrente elétrica em um sistema em paralelo se divide, certo! E a voltagem?

A – Continua a mesma!

P – Portanto cada uma das lâmpadas recebe os mesmos 9V. Assim o brilho delas, sendo iguais e ligadas em paralelo, é o mesmo. O sistema em série vai ter uma mudança em relação ao sistema em paralelo. Se no paralelo foi a corrente que dividiu, neste aqui será...

A – A voltagem...

P – Observe o seguinte, no sistema em série e a voltagem que divide. Por que as lâmpadas do sistema em série apresentam brilho diferente de um sistema em paralelo? Por que neste aqui, sistema em série a voltagem está...

A – Menor.

P – Onde é usado o sistema em paralelo, comercialmente falando?

A – Nas nossas casas.

P – Aqui no laboratório, por exemplo, cada uma destas luminárias está recebendo uma voltagem, que vamos dizer seja 127 V, se eu for ali a remover uma lâmpada as outra sofrem alguma interferência?

A – Acho que não.

P – E se fizesse isto em sistema em série? Se por acaso eu tirar uma das lâmpadas a outra sobre interferência?

A – Não.

P – Quantos fios você tem aqui?

A – Um.

P – Muito bem, agora se eu tiro esta lâmpada daqui o sistema fica interrompido, vai passar corrente elétrica?

A – Não.

P – Os desenhos que nós fizemos na semana passada favoreceram o seu entendimento para montar hoje os circuitos elétricos?

A – Bastante!

P – Hoje você ainda tinha dificuldades em explicar alguns momentos da montagem, como você explica isto?

A – Seria uma dificuldade que eu tenho. Quero dizer na troca de informação, talvez eu tenha me atrapalhado com certos nomes...

P – Esta dificuldade tem a ver com que você não consiga definir o que significa a palavra? Por exemplo: voltagem, corrente elétrica...

A – Não, não.

P – Então você já sabe o que é voltagem e o que é corrente elétrica?

A – Sei!

P – Por que quando eu pergunto o que divide aqui é a voltagem ou é a corrente elétrica?

A – Tá certo, as vezes eu confundo esta duas palavras.

P – Na observação do circuito você pode perceber que o sistema em paralelo tinha mais brilho do que no sistema em série, isto se deve a que basicamente?

A – Porque a voltagem aqui é a mesma (paralelo) e aqui ela é menor (série)

P – Ótimo! Esta é uma noção essencial para você passa para nova etapa. Você precisa saber de que forma você vai conectar as lâmpadas para que elas tenham a voltagem correta.

P – Analisando agora o sistema misto. No sistema misto você tem uma das lâmpadas sozinha e do outro com duas lâmpadas ligadas em paralelo. Qual destes lados apresentou maior brilho nas lâmpadas?

A – Na parte que esta em série, da lâmpada sozinha.

P – Por quê?

A - Por que divide a corrente elétrica.

P – A Resistência deste conjunto, lembrando que todas as lâmpadas são iguais, este conjunto que esta em paralelo é maior ou menor do que a resistência que esta sozinha?

A – Maior...

P – Mas Aqui esta em paralelo! Você se recorda como era aquela formula para associações em paralelo, era um sobre R igual um sobre R1 e etc. Então este conjunto se tornou uma resistência maior ou menor?

A – Maior..., ou melhor, menor!

P - Aqui você tem um sistema muito parecido com este aqui (em série) a diferença é que neste ponto reparte para duas resistências. No ponto onde reparte a corrente elétrica, ou seja, no ponto do circuito onde tem duas lâmpadas em paralelo a voltagem é maior ou menor a lâmpada sozinha neste circuito misto?

A – Neste aqui é maior (lâmpadas em paralelo)

P – Então vamos relembrar que num sistema em paralelo a corrente elétrica divide a resistência diminui, pois a soma é feito dos inversos, assim onde a resistência é menor a voltagem é menor. Lembra da formula $V = R.i$?

A – Lembro!

P – Então como conclusão a lâmpada que ficou sozinha tem brilho maior porque recebe uma maior voltagem. E o conjunto de duas resistências em paralelo recebe uma voltagem menor, pois sua resistência é bem maior.

P – Qual foi a dificuldade de passar do circuito elétrico real (3D) para o esquema. Os símbolos, por exemplo, lhe causaram alguma dificuldade?

A – Com a legenda do quadro da para gente perceber né, fica mais fácil com o desenho e também a gente já mexeu com isto na sala e na aula passada, ai ficou mais fácil o entendimento, na hora de passar para o papel.

P – E com relação a mudança de posicionamento da componentes dos circuito você poderia me dizer se um circuito é em série ou em paralelo só de olhar para ele?

A – Sim!

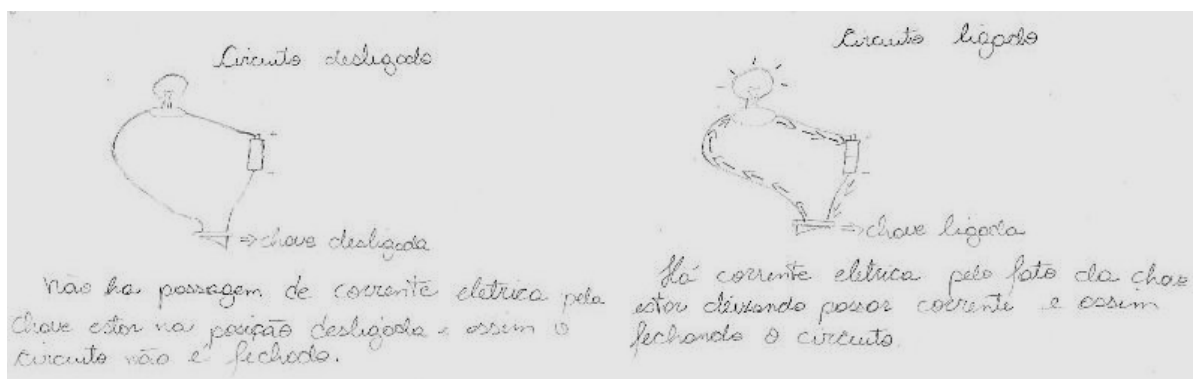
P – Você acha que os desenhos da aula anterior fizeram alguma diferença no aprendizado?

A – Ajudou bastante!

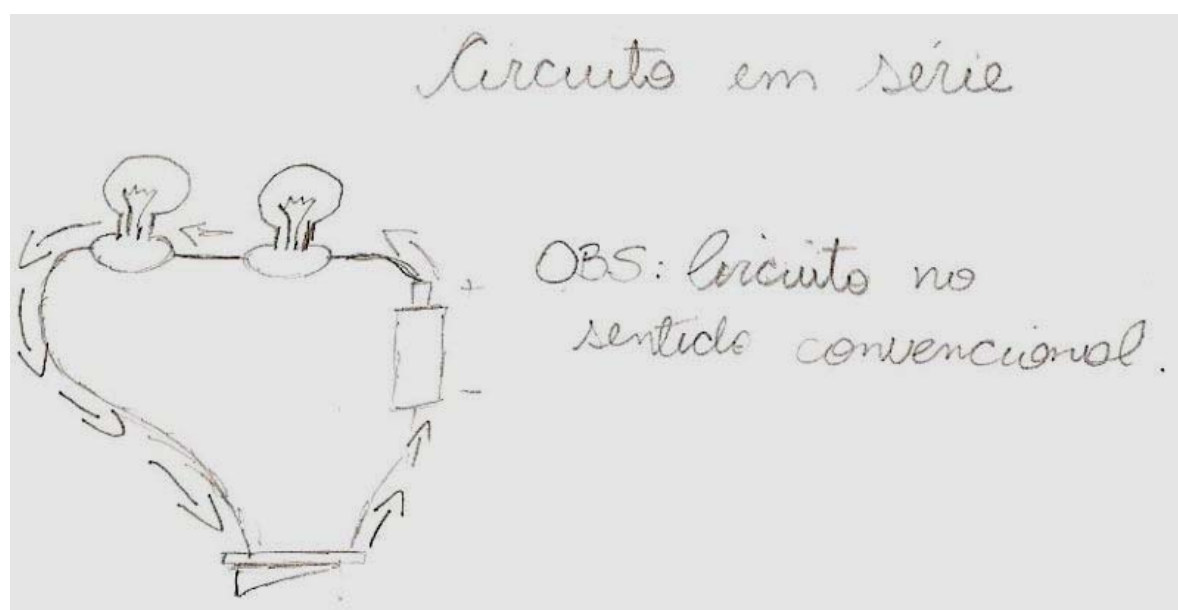
P – Muito obrigado A2!

ANEXO F

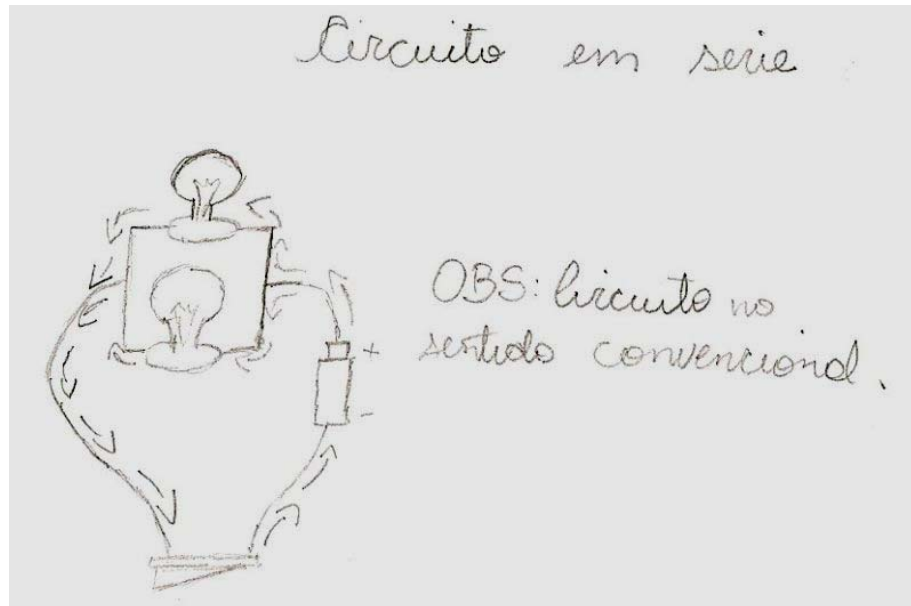
Desenhos, Esquemas e Entrevistas do Aluno A3



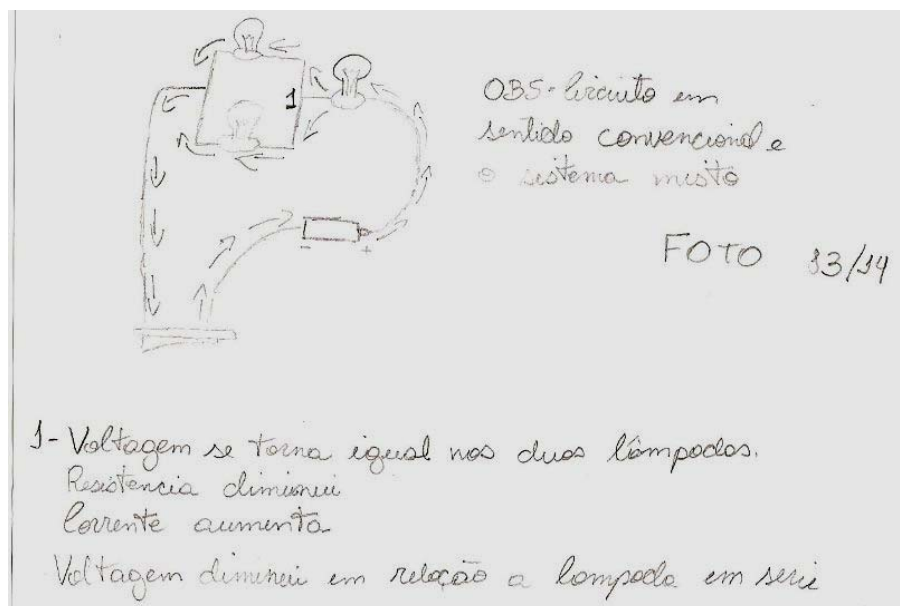
Desenhos de circuito simples ligado e desligado



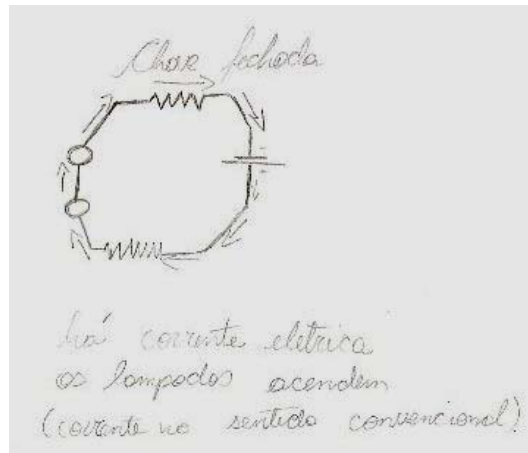
Desenho de circuito em série com duas lâmpadas



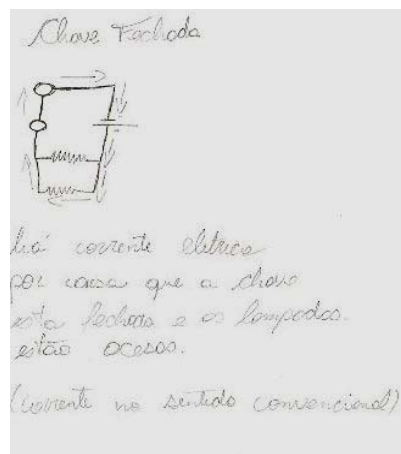
Desenho de circuito em paralelo com duas lâmpadas



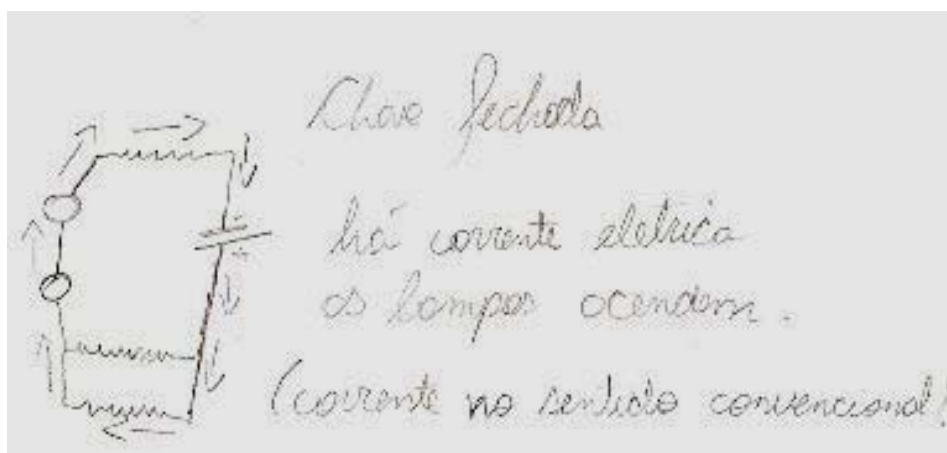
Desenho de circuito misto com três lâmpadas



Esquema de circuito elétrico em série



Esquema de circuito elétrico em paralelo



Esquema de circuito elétrico misto

Entrevista com A3 sobre circuito elétrico simples ligado e desligado.

P -Então A3, você fez um desenho mais simplificado, optou por não colocar os suportes, só colocou as lâmpadas e no lugar da bateria você desenhou uma pilha comum, certo? Aqui você está representando que a corrente elétrica sai do pólo negativo e vai para...

A – Para pólo positivo.

P – No seu desenho estas setas representam o movimento de quais partículas?

A – Dos elétrons.

P – Este é o movimento chamado real, mas em circuitos elétricos muitas vezes é usado um outro sentido que é chamado de convencional, aí o convencional é justamente...

A – o Contrário

P – Pra você qual é a função da chave?

A – Interromper ou fechar o circuito.

P – Como você entende a corrente elétrica?

A – A saída dos elétrons saindo de um pólo e indo para o pólo positivo.

P – Então pra você o pólo negativo é excesso de quais partículas?

A – Elétrons.

P – E o pólo positivo?

A – Excesso de prótons.

A – Daí acabou acontecendo a corrente de um para outro (pólo), assim um se neutraliza com outro.

P – Então você já tem uma noção do que acontece dentro da bateria que faz com que a corrente elétrica seja induzida nos fios, você pode me explicar isto, ou seja, o que acontece dentro da bateria que induz a corrente?

A – A corrente elétrica acontece porque um pólo tem mais prótons e outro mais nêutrons...(?) que dizer mais elétrons e com esta diferença de um pólo pro outro acaba acontecendo o impulso do elétron sair de um pólo e ir a caminho o outro formando um circuito elétrico.

P – Então nós podemos dizer o seguinte: O pólo negativo tem um potencial e o pólo positivo tem outro potencial, são pólos com potenciais diferentes, e que provoca a corrente elétrica neste caso é o que?

A – A diferença de potencial.

P – Exatamente, por isso que existe esta palavra, diferença de potencial ou ddp.

P – Vocês viram (professor se dirigindo aos outros alunos) a explicação que ele (A3) deu é bem isto mesmo! O A3 chegou ao ponto, (na bateria) nós temos potenciais um positivo e outro negativo, fazendo uma analogia é como se você tivesse uma rampa por onde as

partículas podem descer. O ponto mais alto da rampa é um potencial e o ponto mais baixo outro potencial, assim a energia é transferida no processo. Então o que ocorre dentro da bateria que provoca a corrente elétrica? É justamente pela existência da diferença de dois potenciais. E o que forma os potenciais? Os potenciais são formados pelo excesso de cargas do mesmo sinal, por exemplo: O pólo com excesso de elétrons é negativo e o pólo com excesso de prótons é positivo (em outras palavras falta de elétrons, pois são eles que se movimentam no circuito).

P – Ok, obrigado.

Entrevista com A3 sobre circuito em série com duas resistências.

P – Vamos lá A3! As mesmas perguntas, sobre: voltagem, corrente elétrica e resistência. Neste circuito em série o que aconteceu com a resistência?

A – Ela dobrou.

P – Para todos vocês esta noção esta clara (falando a todos os alunos).

P – O que aconteceu com a voltagem da bateria?

A – Nos terminais da bateria a voltagem continua a mesma.

P – O que aconteceu com a corrente elétrica quando passou a ter duas lâmpadas?

A – diminuiu pela metade.

P – Como aumentou a resistência, a corrente elétrica diminuiu, ok!

P – Agora, o que aconteceu com a voltagem em cada lâmpada?

A – continuou a mesma?

P – Será... Alguma coisa tem que justificar o menor brilho das lâmpadas.

A - Por que a voltagem da bateria não consegue suprir mais do que a capacidade máxima de cada lâmpada. Quanto mais energia tiver para cada lâmpada, no caso, quando está ligada uma só ela vai ter mais energia, quando tem duas não vai ter energia suficiente para acendê-las, fazendo com que a luminosidade seja menor.

P – Então, mas alguma coisa esta acontecendo, você já disse que a corrente elétrica diminuiu...

A – (A1 que estava na bancada ao lado se manifesta) A voltagem vai diminuir para o caso de duas lâmpadas.

P – É exatamente isto! Se vocês se recordarem (falando a todos os alunos) dos esquemas que fizemos no quadro (aulas teóricas previamente dadas) toda vez que tinha um circuito em série era necessário calcular a voltagem para cada resistência do circuito: V_1 , V_2 , etc.

P – Vamos ligar o multímetro para confirmar esta idéia. Primeiro nós medimos nos terminais da bateria. O valor está em torno de 7,2V. Agora vamos medir nos terminais de cada lâmpada 3,6 V. Isto confirma nossas conclusões, o multímetro está mostrando que a voltagem diminuiu pela metade!

P – Portanto o que ocorre com as voltagens em um sistema em série?

A – (Vários) Reparte entre as resistências.

P – No caso, como estas resistências são iguais, ou seja, as lâmpadas são idênticas, a voltagem repartiu igualmente entre elas. Mas se elas fossem diferentes, quero dizer, tendo resistências diferentes, as voltagens seriam diferentes para cada lâmpada.

Entrevista com A3 sobre circuito em paralelo com duas resistências.

P - Vejamos aqui no seu desenho, você novamente fez uma pilha, ao invés do desenho de uma bateria. As setas se repartem para uma lâmpada e para outra lâmpada, o que significa esta repartição de setas que vocês fez?

A – Seria a resistência...?

P – Vamos começar de outra forma. O que aconteceu com a resistência deste circuito, aumentou ou diminuiu? Faça uma comparação pensando na questão anterior quando nós utilizamos apenas uma única lâmpada.

A – A resistência acabou aumentando...

P – Será?

A – Porque tá ligada duas lâmpadas!

P – Muito bem, então vamos ver. Como eu meço resistência com o multímetro?

P – Esta resistência está em torno de 65Ω . Agora eu vou colocar o circuito em paralelo, tudo bem?

A – tudo!

P – O que acha que vai acontecer?

A – Eu falei que ia aumentar...

P – (após a medida ser realizada) E aí, o que aconteceu?

A – Diminuiu! E bastante!

P – Se esta resistência diminuiu o que vai acontecer com a corrente elétrica? Você acha que ela vai ser maior ou menor do que quando não temos apenas uma lâmpada?

A – Foi a mesma, não foi?

P – O que é a mesma é a voltagem. A voltagem não muda para o caso de uma lâmpada ou no caso de duas lâmpadas em paralelo. Você pode observar pelo multímetro, vamos medir a

voltagem de uma lâmpada e depois com duas. O multímetro mostra 8,9V de forma que não mudou a voltagem, mas a corrente elétrica muda, de que forma que ela muda?

A – Não sei...

Entrevista com A3 e A1 sobre circuito misto com três lâmpadas.

Ver Anexo D.

Entrevista com A3 sobre a mudança de representação dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto do real (3D) para o esquema.

P – Oi A3!

P – Nós temos aqui um esquema de circuito elétrico em série com chave aberta e fechada. Você colocou aqui que a corrente elétrica está do pólo positivo para o pólo negativo, isto representa uma corrente elétrica convencional ou real?

A – Convencional.

P – Por que se fosse real?

A – Seria no sentido inverso! Ou seja, do negativo para o positivo.

P – No esquema de circuito em série que você montou nós podemos afirmar que é a corrente elétrica ou a voltagem que se divide?

A – Corrente elétrica... quer dizer a voltagem, falei errado.

P – A voltagem, tudo bem. Isto provoca um maior brilho ou um menor brilho em relação a um sistema em paralelo?

A – Menos brilho.

P – Isto se deve ao fato da...

A – Voltagem ser dividida entre as duas lâmpadas.

P – Hoje como é a segunda etapa deste nosso trabalho, aqueles desenhos que nós fizemos na primeira etapa favoreceram seu entendimento? Você sente que eles foram como um degrau ou uma ponte facilitadora do entendimento?

A – Com certeza! Com eles deu pra compreender melhor o bloco para fazer o esquema. Por que sem fazer o desenho você tem uma noção só lógica na cabeça, mas quando põe no papel você consegue fazer o desenho mais rápido do esquema.

P – Com relação aos símbolos, houve alguma dificuldade em relação a interpretação dos deles ou não?

A – Não porque alguns já são conhecidos nossos da sala de aula, no próprio período escola a gente já tinha visto.

P – Você me diz que este período escolar que você se refere já deu uma base para o entendimento dos símbolos no circuito elétrico.

A – Sim.

P – A3, nós agora um circuito misto. Você montou o esquema do circuito de forma que no momento em que a chave esta fechada existe uma corrente elétrica circulando no circuito.

Neste circuito misto qual das lâmpadas apresentou maior brilho?

A – A lâmpada que esta em série.

P – Qual a explicação para este fenômeno?

A – A voltagem da lâmpada que esta em série é maior do que a voltagem da outras duas em conjunto (paralelo)... Se a voltagem que vai pra um é um número, a que vai para outra (paralelo) é a metade.

P – Certo. Como as resistências são todas iguais, pois as lâmpadas são todas iguais no ponto onde existem duas lâmpadas a resistência é a metade.

P – Você teve alguma dificuldade nesta etapa em montar estes esquemas?

A – Não

P – E entre montar estes esquemas e os circuitos reais na base?

A – Não. Por causa que quando você consegue fazer o desenho no papel você já vai ter a noção lógica na base. Porque primeiro o certo é você fazer na lógica na cabeça para depois passar no papel, assim consegue montar na tábua.

P – Você tem alguma suposição de que olhando um circuito elétrico aqui no papel pra montá-lo na tábua ou base houve alguma dificuldade?

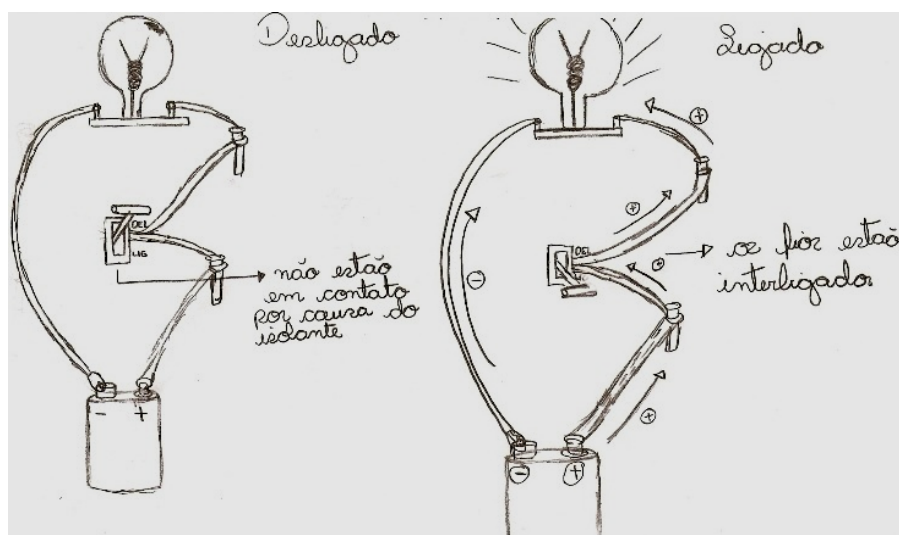
A – Não.

P – Fazer a mudança de representação do esquema para o real e vise versa tem a mesma dificuldade pra você.

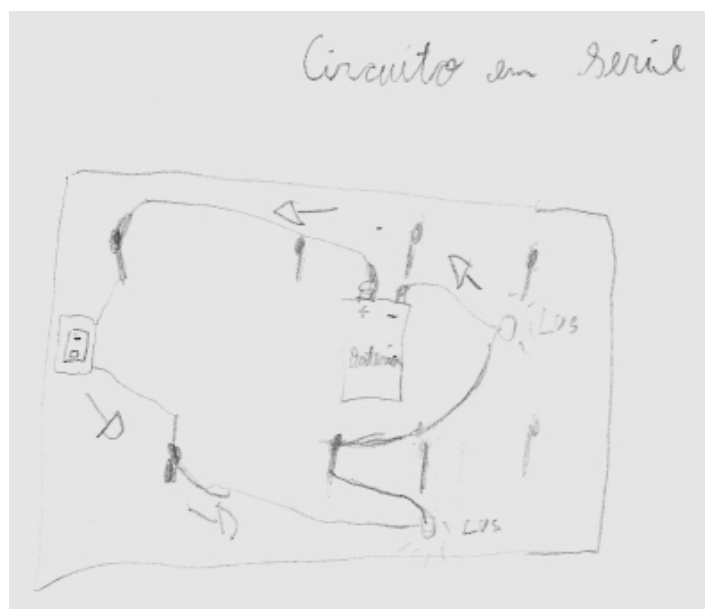
A – Acho que sim.

ANEXO G

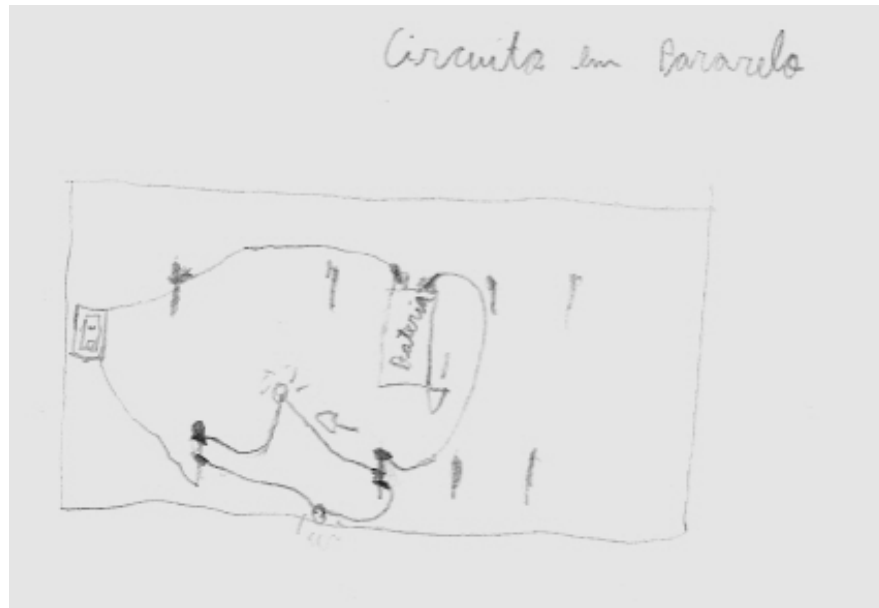
Desenhos, Esquemas e Entrevistas do Aluno B3



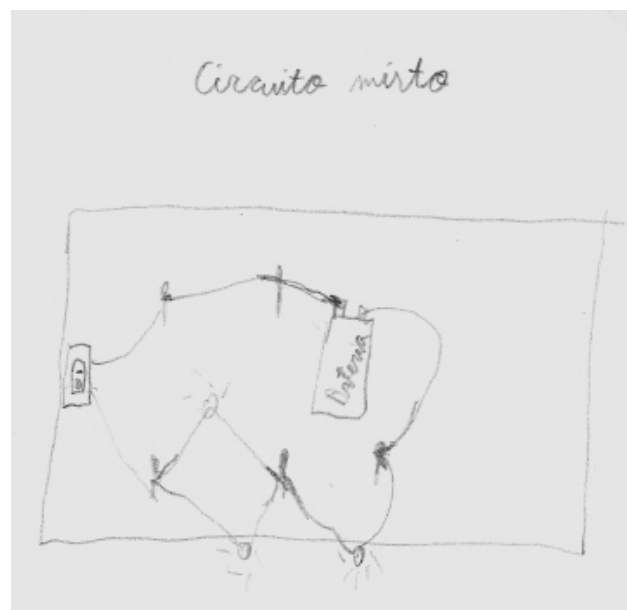
Desenhos de circuito simples ligado e desligado



Desenho de circuito em série com duas lâmpadas

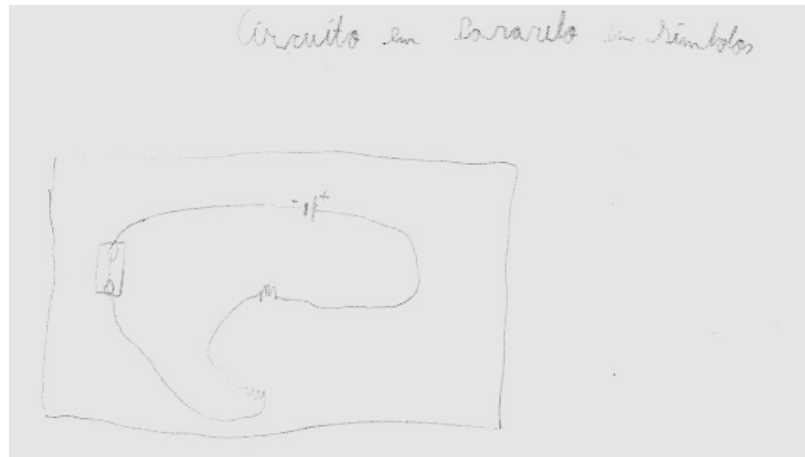


Desenho de circuito em paralelo com duas lâmpadas

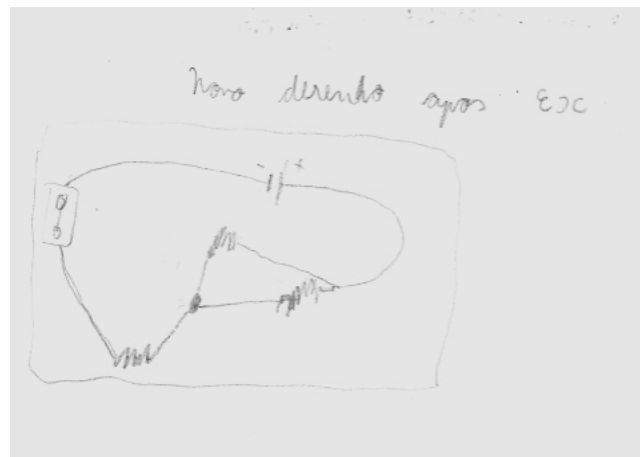


Desenho de circuito misto com três lâmpadas

Esquema de circuito elétrico em série



Esquema de circuito elétrico em paralelo



Esquema de circuito elétrico misto

Entrevista com B3 sobre desenho de um circuito simples.

P – Então B3... Neste circuito desligado qual a função da chave para você?

A - Da chave?

P- É!

A - Ela serve para dar o contato e tirar o contato dos fios lá.

P – E no momento em que ela dá este contato o que ela proporciona para o circuito elétrico? Quer dizer, deste circuito que está ligado para este que está desligado a chave é um ponto principal, deste (ligado) para este (desligado) a chave fez qual função? O que ela colocou em funcionamento?

A - Ela ligou dois fios na verdade... daí fez... entrarem em movimento (elétrons), não ficarem isolados (fios).

P - Neste fio aqui que você colocou a chave ligada, eu observo que você representou cargas negativas e positivas, as positivas saem do pólo positivo e as negativas saem do pólo negativo, e como é que se produz luz? O que estas cargas negativas e positivas tem a ver com a luz que está sendo produzida na lâmpada?

A - Hora que elas se juntam aqui ela (luz) se forma... os elétrons...

P - Então quer dizer que esta luz que a lâmpada está produzindo é a junção destas cargas negativas com as positivas?

A - É... é a junção delas!

P - Valeu, obrigado!

Entrevista com B3 sobre circuitos em série, paralelo e misto.

P – Este circuito é um de que tipo?

A – Misto

P – Por que você acha que ele é misto.

A – porque tem duas lâmpadas acesas mais fracas e outra mais forte.

P – Vamos estudar mais de perto este circuito. Uma parte está em série e outra em paralelo. Onde está em paralelo?

A – Estas duas lâmpadas aqui.

P – Certo! Elas estão em paralelo e ao mesmo tempo as duas estão em série com esta outra aqui, certo?

A – certo.

P – Qual destas partes do circuito a luminosidade é menor?

A – é onde as lâmpadas estão em paralelo.

P – Porque?

A – Por que divide entre os dois.

P – Divide a voltagem, certo? Agora se eu remover uma das lâmpadas que esta em paralelo, deixando apenas uma em serie com a outra, o que vai acontecer?

A – Vão ficar com a mesma luminosidade.

P – Porque as duas lâmpadas estão recebendo a mesma...

A – Voltagem.

P – Quantos volts tem a bateria/

A – Quase 9V.

P – isto significa que esta lâmpada esta recebendo quanto neste momento?

A – Aproximadamente 4,5V.

P – Opa, este é um sistema em paralelo!

A – Há é! Mesma quantidade para as duas.

P – Isto mesmo elas estão recebendo próximo de 9V cada uma.

P – Muito bem! Vamos mudar a posição das lâmpadas, veja o que acontece agora.

A – As duas ficaram fracas.

P – Este é um circuito em...

A – Série

P – A bateria esta fornecendo 9V, só que para as lâmpadas esta chegando quanto?

A – 4,5V por que a voltagem é dividida.

P – Exatamente. Então no sistema em série a voltagem?

A – Se divide.

P – E esta chave, qual a função dela no circuito?

A – Ligar e desligar, ou seja, cortar a corrente elétrica.

P – Ela corta a corrente?

A – Ela divide a corrente.

P – Para que as lâmpadas acendam os fios devem estar ligados, portanto quando a chave é desligada, o que acontece?

A – Desliga tudo.

P – Eu posso ligar o circuito com um metal no lugar da chave?

A – Pode.

P – Dentro da bateria é produzida a voltagem que induz corrente elétrica no fio, qual das partículas: elétrons, prótons e nêutrons é que são capazes de transitar pelos fios.

A – Elétrons.

P – Quando a bateria é ligada a corrente elétrica sai de qual pólo e vai para qual pólo?

A – Ela sai do positivo e vai para o negativo.

P – Esta é a chamada corrente elétrica convencional. A bateria tem pólo positivo e negativo, qual o significado de pólo para vocês?

A – O pólo positivo é o que fornece depois ela volta pelo negativo.

P – E se pensarmos em termos de partículas elétrons e prótons, o elétron tem qual carga?

A – Positivo.

P – tem certeza?

A – Não, não. É negativo.

P – Pensando nas partículas, eu posso dizer que o pólo negativo tem mais partículas do tipo?

A – elétrons.

P – Legal, o pólo negativo é um local que tem excesso de elétrons e o pólo positivo tem excesso de prótons ou cargas positivas. Pensando nisto o que é a corrente elétrica?

A – É que fornece energia.

P – Tudo bem tem a ver com energia, mas a corrente elétrica, dentro de tudo isto que nós estudamos, é o movimento das cargas negativas chamadas elétrons de um pólo até outro.

P – Quem é que transita pelos fios, formando esta corrente elétrica? O nome da partícula?

A – Elétrons.

P – Em seu desenho do sistema misto as lâmpadas aparecem ligadas (com luminosidade), mas você não representa a corrente elétrica, por quê?

A – Deveria ter feito uma flechinha, mas esqueci.

P – Para você representar a corrente no sentido convencional, a flecha estaria em qual sentido?

A – Do positivo para o negativo.

Entrevista com B3 sobre a mudança de representação real (3D) para esquemas de circuito elétrico.

P - B3, o seu circuito elétrico está bem feito com todos os fios conectados e nenhuma ponta solta. Qual a importância de no esquema de circuito ele estar sempre fechado, ou seja, sem nenhuma ponta solta?

A – Importância...?

P – Isto, qual a importância dos fios estarem bem conectados e não ter nenhuma falha no esquema de circuito elétrico?

A – Significa que vai passar energia para a lâmpada.

P – Se por um acaso eu interrompesse este fio, ou no seu esquema elétrico ele estivesse longe ou afastado dos pólos, o que a gente poderia deduzir?

A – Como assim?

P – Vamos supor que este fio não tivesse ligado certinho, mas tivesse afastado?

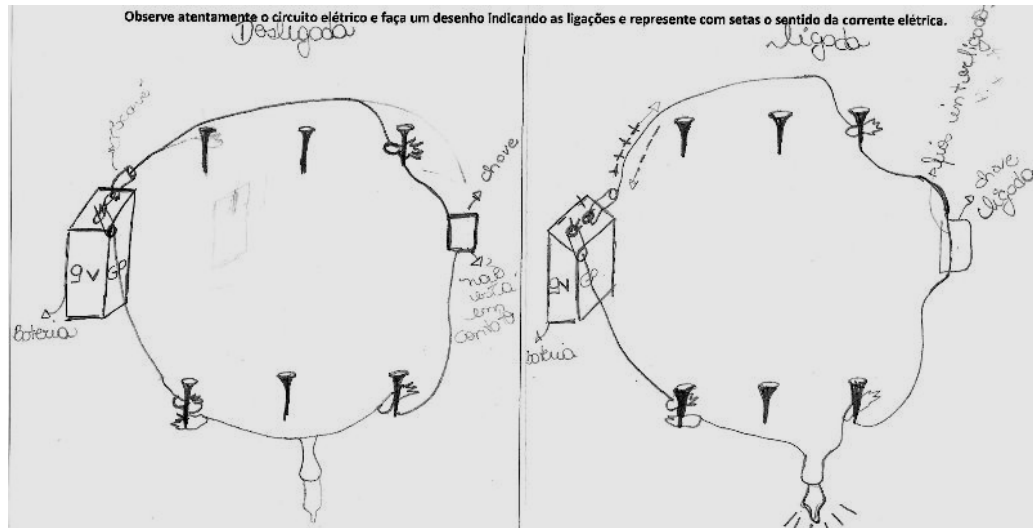
A – Ai não ia pegar!

P – Você quer dizer que não ia passar a corrente elétrica. Certo?

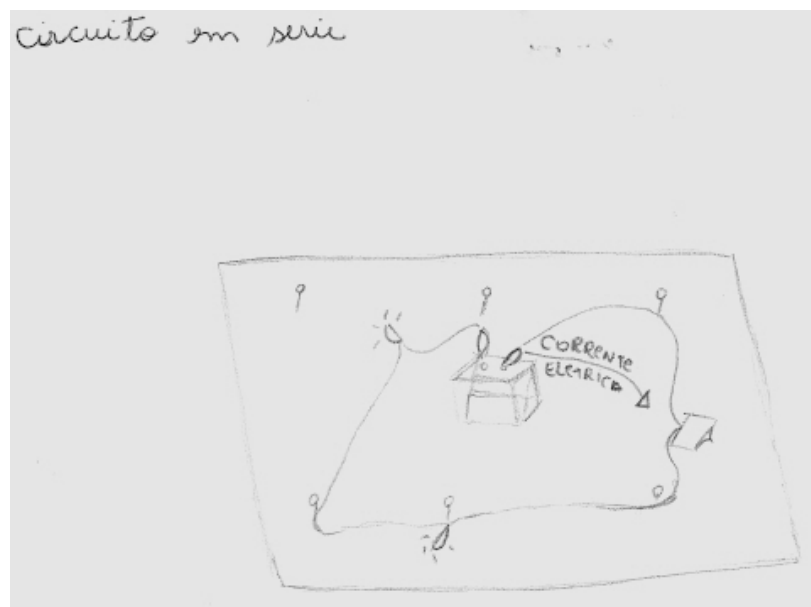
A – Certo!

ANEXO H

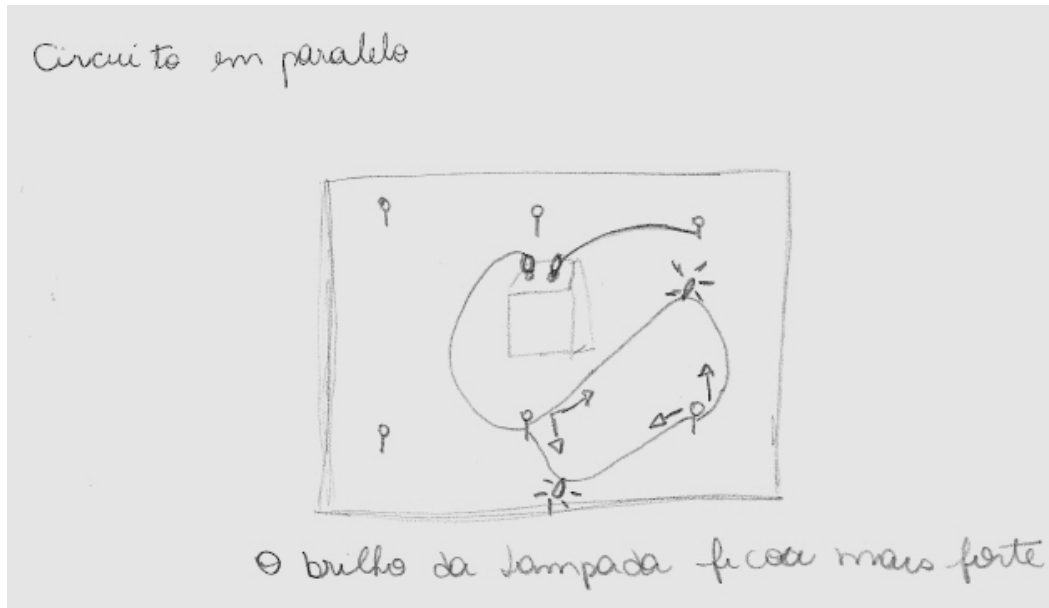
Desenhos, Esquemas e Entrevistas da Aluna B2



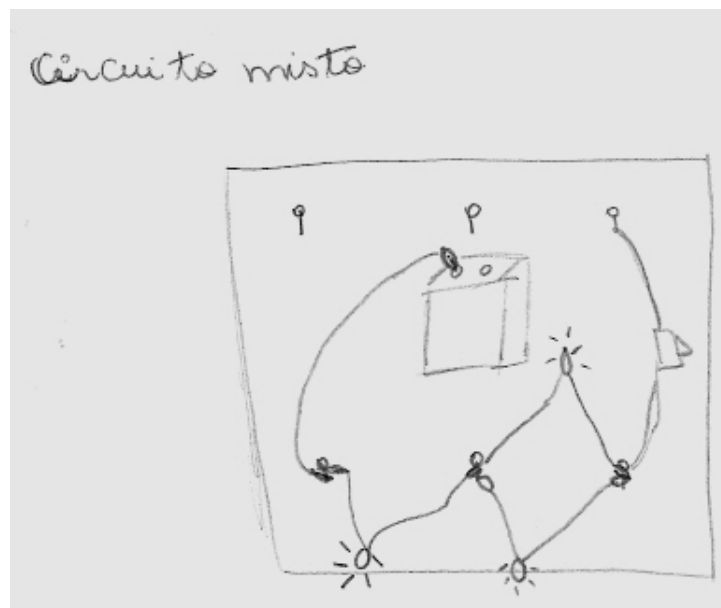
Desenhos de circuito simples ligado e desligado



Desenho de circuito em série com duas lâmpadas

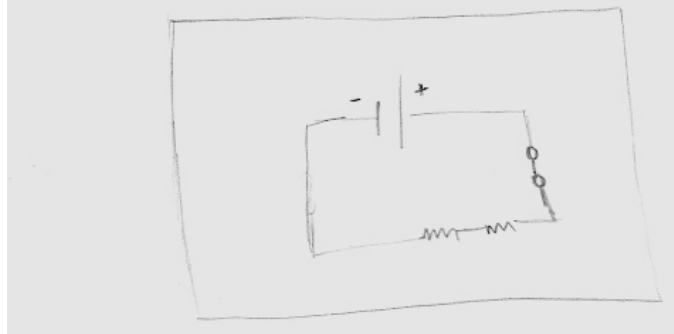


Desenho de circuito em paralelo com duas lâmpadas



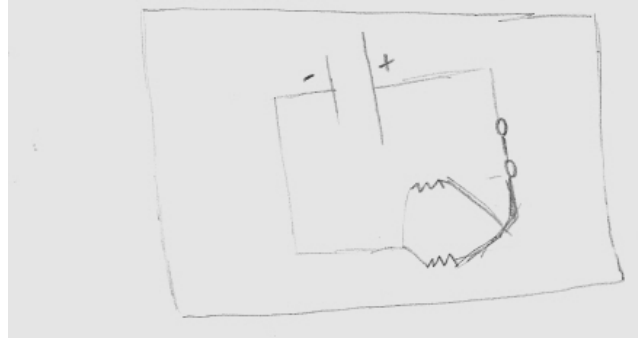
Desenho de circuito misto com três lâmpadas

Circuito em série com símbolos



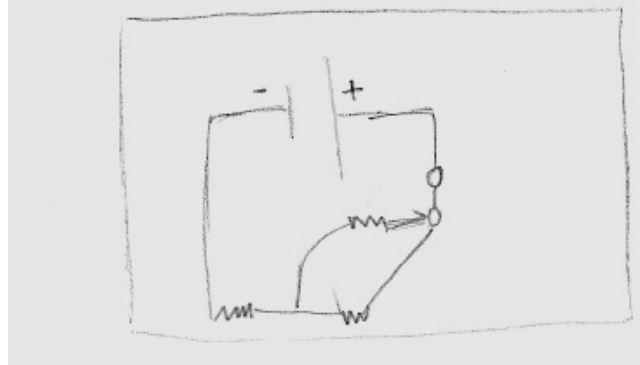
Esquema de circuito elétrico em série

Circuito em paralelo com símbolos



Esquema de circuito elétrico em paralelo

Circuitos misto com símbolos



Esquema de circuito elétrico misto

Entrevista com B2 circuito simples

P- Eu percebi uma coisa no seu desenho que está bastante evidente. Aqui no seu desenho desligado a chave mostra os fios totalmente interrompidos e aqui você fez um fio dentro da chave realmente ligando este circuito. Então para que este circuito funcione o que ocorre?

A – Aqui eles estão interligados aqui no meio e de um sai positivo percorre por tudo e chega no negativo, entendeu! E aqui dentro desta chave deve ter alguma coisa que interliga o negativo com o positivo.

P – aqui você fez o desenho com fechas e cargas negativas e positivas no mesmo fio, porque você fez isto?

A – não por que é uma mais e uma menos, entendeu? Eu quis dizer ida e chegada.

P – Mas elas vão e voltam no mesmo pólo?

A – Não no mesmo, no caso este aqui é positivo e este aqui é negativo.

P – É mais aqui no seu desenho as cargas positivas estão neste fio e as negativas também estão no mesmo fio!

A – Há... poderia ter feito aqui (outro fio)

P – O que você acha que tem dentro da bateria que produz este efeito de acender as lâmpadas?

A – Carga, não é?

P – Justamente a voltagem é resultado destas cargas que você falou. Qual a característica do pólo positivo e pólo negativo? Porque que é chamado positivo e negativo?

A – Porque...

P – Você sabe que existem partículas prótons e elétrons e elas tem a ver com isto que nós estamos estudando, por que o negativo é chamado de negativo?

A – Hum... (Não lembra)

Entrevista com B2 e B5 circuito série paralelo e misto.

Ver Anexo B.

Entrevista com B2 e B5 sobre a mudança de representação real (3D) para esquemas de circuito elétrico.

Ver Anexo B.