

MARCUS VINÍCIUS DUARTE SILVA

**REAÇÕES DE ESTUDANTES FRENTE A DADOS
INESPERADOS.**

BELO HORIZONTE
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

2010

MARCUS VINÍCIUS DUARTE SILVA

**REAÇÕES DE ESTUDANTES FRENTE A DADOS
INESPERADOS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Educação da Universidade federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientador: Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges

BELO HORIZONTE
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

2010

Agradecimentos

É impossível eu começar meus agradecimentos com qualquer pessoa diferente do Tarciso. Mais que um orientador, foi um companheiro de 12 anos. Não que o mestrado tenha durado isso tudo (ele me mataria), mas neste tempo todo tivemos iniciação científica, apoio técnico a pesquisa, professor substituto. Durante um tempo estive afastado do Coltec e quando voltei, a receptividade foi como a de um pai ao filho pródigo. Tarciso, sinceramente, muito obrigado.

Outra figura importante é o Sr. B! Ele é uma fonte de inspiração profissional e este trabalho é uma continuidade do que começamos juntos. Valeu!

Junto com o Sr. B, o grande amigo Leibniz é garantia de momentos de alegria e companheirismo. Estes dois são exemplos de amigos que “puxam sua orelha”, quando você está errado, e você sai amando os caras mais ainda. Vocês dois são incríveis.

Sabe aquelas coisas que são “pequenas” do dia a dia, mas que sem elas você não consegue fazer nada? Um abraço, um colo no momento de desespero, as injeções de ânimo quando necessário, uma simples pergunta (e aí como está a sua dissertação? – e principalmente querer saber a resposta) são inesquecíveis. Aos meus pais, mães e irmãos, obrigado.

Por último, e não menos importante, Lorena! Primeiro, desculpe-me por ser companhia ausente. Obrigado pela paciência, incentivo, brigas, acertos, risos, choros, enfim, tudo que nós somos e construímos juntos. Amo a nossa vida, nossa casa, nosso quintal, nossos “filhotes” e, acima de tudo amo você, “porque você é linda, porque você é meiga e sobretudo porque você é uma menina com uma flor”.

Resumo

O objetivo deste trabalho é investigar como os estudantes reagem frente a situações inesperadas em atividades práticas e quais os procedimentos adotados desde o instante em que se deparam com o resultado inesperado até o instante em que reagem, denominados procedimentos de reação. Baseamos nossa análise na taxonomia de reações a dados inesperados proposta por Chinn e Brewer (1998) e reformulada por Lin (2007), que identificou as reações de estudantes a dados anômalos e os procedimentos de reação por eles adotados.

O presente trabalho analisa situações vivenciadas com estudantes do 2º ano do Ensino Médio, de uma escola pública, a partir de entrevistas coletadas enquanto estes realizavam tarefas práticas sobre eletricidade, utilizando circuitos elétricos simples, e faziam previsões sobre o que esperavam observar. Vale ressaltar que estes alunos não tinham ainda estudado formalmente o assunto.

Ao todo, foram realizadas e gravadas dez entrevistas semi-estruturadas. Para desenvolver os estudos de caso, selecionamos duas entrevistas, ambas duplas de garotas, que apresentaram maior envolvimento e interação por parte dos estudantes. Realizamos uma análise qualitativa das reações dos entrevistados, diferentemente dos trabalhos anteriormente citados.

O assunto e o público alvo foram escolhidos de tal forma que os estudantes tivessem que recorrer às suas concepções intuitivas para realizar as tarefas práticas, fazer previsões e formular explicações para o comportamento dos circuitos elétricos e os eventos que esperavam observar. A hipótese era de que o limitado entendimento conceitual sobre o funcionamento de circuitos elétricos possibilitaria o surgimento de um número maior de episódios em que ocorressem resultados inesperados.

Entre as nove possíveis reações dos estudantes frente a dados anômalos – ignorar o dado, rejeitá-lo, excluí-lo, colocá-lo em suspensão, incerteza quanto à validade dos dados, incerteza quanto à própria interpretação, reinterpretar o dado, mudança periférica na teoria e mudança no núcleo da teoria –, já identificadas em trabalhos anteriores, somente a exclusão do dado anômalo não foi observada.

Os procedimentos de reação identificados foram anomalia-reação e anomalia-mediador-reação. Dentre os mediadores, que são atividades utilizadas pelos alunos durante o

procedimento de reação, encontramos: a discussão, o teste prático (seja visando a reprodução da tarefa quanto o teste de novas hipóteses) e a conduta de reação intermediária. As reações intermediárias podem ser diretas ou, como fica evidenciado na análise dos estudos de caso, apresentar-se como miniciclos, que surgem quando o mediador teste prático apresenta um novo resultado inesperado para os estudantes, gerando assim uma nova conduta de reação.

Abstract

This work aims at investigating how secondary students react to unexpected situations when doing practical activities in the context of basic electricity. A second aim is to study what are the procedures students choose to adopt from the moment they observe one unexpected outcome until they express, either explicitly or implicitly, their reaction to that anomalous data or observation. The analysis is based on the taxonomy of reactions to anomalous data proposed by Chinn and Brewer (1993; 1998), which was reformulated by Lin (2007) in his study of students' reactions to anomalies and reaction procedures used.

In this study a sample of Middle School students from a state public school were interviewed while they performed a set of simple practical tasks about simple DC circuits. Before the tasks, there were asked to advance predictions of what they expected to observe. None of the students have studied electricity as it is approached in secondary physics classes.

Ten interviews were conducted and audio and video-recorded. In contrast to previous works on students' reaction to anomalous data, the present work adopts a qualitative approach. Two case studies concerning the reactions of two pairs of female students are presented and discussed.

The subject matter and the population of the study were chosen so that the interviewees had to rely on their intuitive conceptions to carry out the tasks, to make predictions and to formulate explanations for the events they expected to observe and for the behavior of the electrical circuits they set up. The underlying idea was that due to students limited conceptual knowledge relative to how electrical circuits work would make more likely the occurrence of episodes containing unexpected outcomes and observations.

Among the nine possible reactions of students to anomalous outcome already identified in existing literature – ignore the data, reject it, exclude it, hold it into abeyance, uncertainty about the validity of data, uncertainty about their own interpretation, reinterpretation the data, make some peripheral change in theory and change the theory –, only the exclusion of anomalous data was not observed.

Reaction procedures identified were the anomaly-reaction and anomaly-mediator-reaction. As mediators, which are the activities used by students during the reaction procedure, we find students-researcher and between peers discussions, experimental tests, and intermediate reactions. The students conducted experimental tests to verify the reproducibility

of results and to test new hypotheses. In some instances, these intermediate reactions are short cycles formed from new anomalies and corresponding reactions. These short cycles appear when students are conducting new experimental tests and are again surprised in their expectations. These events give rise to the short cycle of anomaly-reaction or anomaly-mediator-reaction.

Lista de figuras

Figura 1 – Desenho feito pelas alunas indicando como elas acreditavam ser capazes de acender uma lâmpada usando uma pilha e fios	23
Figura 2 – Foto representativa da tentativa inicial das alunas de acender a lâmpada	24
Figura 3 – Desenho das alunas mostrando como acender a lâmpada depois que elas já tinham conseguido montar o circuito	27
Figura 4 – Foto do circuito em série montado com uma lâmpada emitindo brilho e a outra, de baixa resistência, não emitindo brilho algum	37
Figura 5 – Foto em detalhe das lâmpadas X e Y ligadas ao mesmo circuito em série.....	37
Figura 6 – Foto em detalhe da lâmpada X e a nova lâmpada Z, em substituição à Y, ambas emitindo certo brilho	41
Figura 7 – Desenho feito pelas alunas mostrando a expectativa delas para o funcionamento de um circuito em paralelo.....	47
Figura 8 – Foto do circuito em paralelo montado pelas alunas com as duas lâmpadas (M e N) acesas e uma terceira (L) que será colocada no circuito	49
Figura 9 – Foto que mostra o circuito em paralelo com uma lâmpada desconectada, evidenciando o brilho mais intenso da lâmpada M	50
Figura 10 – Desenho feito pelas alunas indicando suas expectativas sobre como ligar uma lâmpada a uma pilha.....	63
Figura 11 – Foto ilustrativa do curto circuito feito pela aluna C ao tentar acender a lâmpada colocando os dois fios na lateral da mesma.....	67
Figura 12 – Foto ilustrativa da tentativa feito pela aluna D para acender a lâmpada colocando os dois fios na lateral da mesma	68
Figura 13 – Desenho feito pelas alunas indicando suas expectativas sobre como ligar duas lâmpadas a uma pilha.....	78

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	COMPORTAMENTO FRENTE AOS DADOS ANÔMALOS.....	8
2.1	Ignorar os dados inesperados (Chinn e Brewer).....	12
2.2	Rejeitar os dados (Chinn e Brewer).....	13
2.3	Incerteza sobre a validade dos dados (Chinn e Brewer).....	13
2.4	Incerteza sobre a interpretação dos dados (Lin).....	14
2.5	Excluir os dados da teoria (Chinn e Brewer).....	14
2.6	Colocar os dados em suspensão (Chinn e Brewer).....	15
2.7	Reinterpretar os dados (Chinn e Brewer).....	15
2.8	Realizar mudanças periféricas (Chinn e Brewer).....	16
2.9	Mudança da teoria (Chinn e Brewer).....	16
3.	QUESTÃO DE PESQUISA E METODOLOGIA.....	19
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1	Estudo de caso 1.....	22
4.2	Estudo de caso 2.....	62
5.	CONCLUSÃO.....	95
6.	IMPLICAÇÕES.....	99
6.1	Implicações para o ensino.....	99
6.2	Implicações para a pesquisa.....	100
7.	REFERÊNCIAS.....	102
8.	ANEXOS.....	104
8.1	Anexo I.....	104
8.2	Anexo II.....	107
8.3	Anexo III.....	110

1. Introdução

O uso de atividades práticas e experimentais com objetivos pedagógicos remonta à segunda metade do século XIX. Desde então, o uso de experimentos como estratégia para promover a aprendizagem de ciências vem ganhando força e, a partir da década de 1960, o laboratório passou a gozar de grande reputação perante os professores de ciências. Os professores e cientistas imaginam a utilização de atividades prático-experimentais na escola de educação básica como essencial para a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem. No entanto, mesmo nas escolas com infra-estrutura e recursos apropriados, o uso dessas atividades é pequeno, em parte por causa de insegurança dos professores com respeito ao conteúdo que pretendem ensinar, ao uso de equipamentos e à manutenção da ordem em sala de aula. No entanto, uma atividade prática, mesmo quando cuidadosamente planejada e preparada para ser executada no laboratório escolar pode, por uma série de razões, apresentar resultados imprevistos.

Com a consolidação de atividades práticas nos países desenvolvidos e em algumas de nossas escolas, questões sobre o papel e os usos do laboratório ainda continuam sendo alvo de pesquisas (WOOLNOUGH e ALLSOP, 1985; WOOLNOUGH, 1991; BORGES, 1997; BORGES *et al.*, 2001; GOMES *et al.*, 1999; TAMIR, 1991). Muito se vem discutindo a respeito dos objetivos didáticos associados às atividades práticas e sobre qual a melhor maneira de alcançá-los (BORGES, 1997; BORGES *et al.*, 2001; VARELA e MARTÍNEZ, 1997). Um levantamento desses objetivos nos leva a perceber que há uma gama de opções como: atividades para ilustrar ou comprovar leis e teorias, atividades para trabalhar a aprendizagem de métodos científicos, atividades para buscar o desenvolvimento de habilidades e competências e atividades para propiciar a construção do conhecimento.

Mas a discussão não para nos objetivos. Existe uma variedade de opções de atividades que, em maior ou menor grau, podem contribuir para se alcançar um ou outro objetivo. Diferentes formas de se trabalhar o laboratório escolar são válidas desde que se tenha claro o objetivo e qual o melhor caminho para se obtê-lo. Uma atividade que procura ilustrar teorias e conceitos prevê que o estudante conheça, de antemão, o fenômeno que se pretende trabalhar. Dessa forma, ficam excluídos processos como o levantamento e teste de hipóteses e a elaboração de um procedimento. Algumas vezes, a demonstração de um fenômeno é extremamente poderosa para a compreensão de um conceito por parte do aprendiz. Nesse tipo

de atividade, situações inesperadas devem ser evitadas, uma vez que o objetivo da atividade é comprovar a veracidade de alguma lei, fato ou teoria já conhecida. Sendo assim, um resultado anômalo é visto como uma experiência que “deu errado”.

Em outras oportunidades, podem ser trabalhadas as habilidades e competências necessárias ao aluno e normalmente utilizadas no laboratório. Nesse tipo de atividade, situações inesperadas desempenham um papel importante uma vez que levam à discussão sobre o rigor com que se deve trabalhar em atividades práticas de laboratório. Podemos considerar a existência de duas abordagens para essas atividades: a que trabalha com o desenvolvimento de destrezas e habilidades práticas em nível operacional e a que explora o desenvolvimento de conhecimentos característicos da atividade experimental. A primeira abordagem enfatiza o desenvolvimento de aspectos práticos do conhecimento de ciências do estudante. Por exemplo, deve-se ter como objetivo ensinar sobre instrumentos de medida, processos de medição, preparação de uma montagem experimental, a organização dos dados coletados, a forma de apresentação dos mesmos entre outros. A segunda abordagem visa o desenvolvimento de aspectos conceituais e estratégicos sobre temas de ciências, abordando a resolução de um problema científico através de formulação de hipóteses, elaboração de procedimentos para testá-las, a necessidade do controle de variáveis, entre outras. Nessa proposta, a atividade desenvolve habilidades de resolução de problemas práticos que não envolvem, necessariamente, uma compreensão de conteúdos específicos ou uma mudança de concepção do estudante. Portanto, uma atividade deste tipo pode utilizar-se de situações inesperadas para destacar e promover discussões sobre o quê fazer numa atividade investigativa e por quê fazê-lo sem, necessariamente, promover uma mudança conceitual.

Outros tipos de atividades prático-experimentais propõem como objetivo que o estudante se envolva e aprenda sobre um tema ou problema específico. Duas dessas atividades seriam a descoberta e a investigação. Embora estas denominações sejam, às vezes, usadas como sinônimas, elas têm caráter diferente. Uma atividade por descoberta é amplamente discutida no livro “O processo da Educação” (BRUNER, 1975). A atividade por descoberta e a atividade investigativa se aproximam no que tange à construção do conhecimento a partir de atividades práticas e o procedimento experimental adotado em Ciências. No entanto, Bruner, ao discorrer sobre atividades de descoberta, não considera o desenvolvimento histórico dos procedimentos hoje considerados adequados para obtenção de resultados cientificamente válidos. Nas atividades por descoberta, o procedimento é um aspecto que deve ser aceito, sem discussão, pelo estudante. As atividades investigativas, no entanto, exigem do aluno um comprometimento com a construção dos procedimentos a serem adotados, ao colocar a

responsabilidade da execução de toda a atividade em suas mãos. Dessa forma, o aluno passa a ser um questionador de todo o processo, o que contribui para o desenvolvimento de um pensamento crítico. Borges (1997) define atividades investigativas como “problemas práticos abertos nos quais os estudantes não possuem, de antemão, uma resposta conhecida, sendo, portanto, desafiados a solucioná-los”. À essa definição, acrescento também o desafio de buscar os procedimentos adequados para conduzir as atividades. Vale destacar que um resultado inesperado em qualquer tipo de atividade prática pode ser um disparador para uma investigação genuína (BORGES *et al.*, 2002).

Muitos autores discutem, já há algum tempo, o emprego e vantagens potenciais de atividades investigativas na educação básica (BORGES *et al.*, 2001; GOMES *et al.*, 1999; WHITE, 1996; BORGES, 1997; TAMIR, 1991; VARELA e MARTÍNEZ, 1997). As atividades investigativas costumam ser analisadas em termos de um conjunto de etapas ou processos principais: problematização, formulação de hipóteses, planejamento, realização da atividade, teste das hipóteses e conclusão; sem querer com isso implicar que elas são contínuas e lineares. Cada uma delas pode ser dividida em outras etapas para efeito de análise e discussão. O planejamento da atividade ainda pode ser subdividido em levantamento de variáveis relevantes ao problema, preocupação com o controle de variáveis e elaboração de um projeto factível. A etapa de realização da atividade também pode ser subdividida em montagem do experimento, controle efetivo de variáveis, forma de organização, análise dos dados e de representação dos principais resultados. Portanto, uma atividade aberta, do tipo investigativa, coloca na mão do estudante muitas responsabilidades sobre a condução da prática.

Se cientistas experientes cometem alguns erros, é de se esperar que estudantes também cometam erros e que estes possam ocorrer em diferentes etapas da atividade investigativa, contribuindo assim para o surgimento de resultados anômalos.

O erro de planejamento ocorre quando algumas variáveis testadas não são adequadamente controladas e/ou o planejamento da atividade é confuso, ou seja, não permite inferências claras sobre o efeito de fatores medidos pelas variáveis. Esse tipo de erro acontece nos primeiros momentos da atividade. Além disso, o erro está mais “na cabeça do estudante” do que no experimento propriamente, uma vez que a confusão é resultado de falhas lógicas e conceituais: não compreensão da lógica da experimentação ou pouco domínio do conteúdo conceitual do tópico abordado na atividade.

Erros de execução acontecem quando alguma coisa não considerada, ou não prevista no planejamento inicial, tem influência importante nos resultados obtidos ou no fenômeno produzido. Embora parecidos, os erros diferem quanto ao momento em que surgem para o estudante. Esses erros podem ser aleatórios, causados por desatenção e confusão momentânea. Podem ser também do tipo sistemático, relacionados ao uso de aparelhos sem a prévia calibração, e a vários outros fatores desconhecidos, e, ainda, podem ser observáveis ou não.

Um tipo mais comum de erro pode ocorrer durante toda a atividade. São erros de coleta de dados e podem ser devidos a leituras incorretas de algum aparelho de medição ou do uso de uma montagem inadequada visando a coleta de dados. Erros de interpretação também estão presentes em toda a atividade, que envolve as diversas análises feitas pelos estudantes ao longo da tarefa prática.

Uma investigação é uma atividade que exige, e procura desenvolver, várias habilidades dos estudantes, e deve considerar preferencialmente a discussão das possíveis causas de erros experimentais. Um dado anômalo pode ser usado como disparador de uma investigação genuína (BORGES *et al.*, 2002) e/ou ainda surgir durante o desenvolvimento da atividade de maneira inesperada. É importante, dessa forma, que o professor conheça as possíveis reações dos estudantes. Sabendo identificá-las o professor pode formular novas questões para ajudar os estudantes a aprender com suas previsões ou leituras erradas. Ou ainda, ajudar os estudantes a corrigir a forma como utilizam os instrumentos de medição e fazer observações que contribuam com propostas de soluções plausíveis para os problemas práticos que estão resolvendo. Por outro lado, se o professor ignora as possíveis reações dos estudantes frente aos dados e observações inesperadas, ele perde a oportunidade de tirar melhor proveito da atividade.

Consideramos, para este trabalho, que observações e resultados experimentais não previstos são anomalias ao experimento. Entendemos por dado experimental não previsto e, conseqüentemente, por anomalias, os resultados das atividades práticas que diferem da expectativa daqueles que conduzem a atividade, quer sejam alunos quer sejam cientistas experientes. Não nos interessa questionar, neste trabalho, se o resultado inesperado é fruto de um erro de condução da atividade ou da discordância entre teoria e evidência.

Muitas vezes, na atividade científica, um dado anômalo é uma peça fundamental na revisão de modelos até então consensuais e na construção de novos modelos. Diferentemente do que acontece na ciência escolar, na investigação científica uma observação ou leitura inesperadas obtidas uma vez não são consideradas anômalas. Podem-se identificar três

momentos diferentes da atividade do cientista quando ele se depara com algo não esperado. Num primeiro momento, ele mesmo ou junto com seus colaboradores, reproduzem o experimento procurando eliminar erros de montagem, de leitura e de calibração dos instrumentos. Persistindo o resultado inesperado, amplia-se a discussão para um grupo maior de cientistas e colaboradores, muitas vezes dentro da própria instituição, ou envolvendo pesquisadores com os quais aquele grupo tem maior contato, confiança e afinidade. Esta forma de proceder elimina muitos dos candidatos a resultados anômalos. Persistindo o resultado inesperado, ele é comunicado em congressos, em fóruns de discussão ou revistas para outros investigadores da área e de áreas afins. Outros grupos tentam replicar o experimento e verificar se a observação do resultado não esperado se mantém. Apenas quando há acordo sobre a persistência do resultado inesperado é que ele passa a ter o estatuto de anomalia. Dessa forma anomalias em Ciência são raras e pouco têm a ver com erros comuns que surgem nos laboratórios escolares, onde inexistente o trabalho de repetir as observações e discutir com os pares que tentam replicar os experimentos inesperados.

Muito já se estudou na evolução do pensamento científico sobre a importância de situações inesperadas para o desenvolvimento da ciência e do ensino de ciências (KUHN, 1987; PIAGET, 1976; LAKATOS, 1970). A evolução da ciência tem passado, através da história, por momentos de revisão da coordenação entre teoria e evidência, que mostram que em alguns casos a situação é melhor resolvida com a alteração das teorias aceitas. Também os currículos de Ciências, de orientação construtivista vêm, pelo menos desde a década de 1980, insistindo na recomendação de confrontar as concepções prévias dos estudantes e as evidências disponíveis sobre os conteúdos estudados, com o intuito de promover o desenvolvimento do entendimento conceitual dos alunos.

Acreditar que uma anomalia possa contribuir para a mudança conceitual de estudantes é crer no conflito cognitivo como uma ferramenta para promover a aprendizagem de estudantes (POSNER *et al.*, 1982). O movimento de mudança conceitual, predominante na arena da educação em ciências ao longo do quarto final do século XX, enfatizava o papel dos conflitos cognitivos para a aprendizagem, mas acabou perdendo espaço desde então. A principal crítica que recai sobre essa abordagem está no fracasso da hipótese de troca “automática” de conceitos que o estudante faria ao se deparar com teorias conflituosas. A pesquisa em educação em ciência das três últimas décadas demonstrou que os estudantes não abandonam suas concepções e crenças intuitivas em favor de ideias valorizadas pela ciência. Embora possam aprender explicações mais próximas daquelas que são cientificamente

aceitas, em certas ocasiões é mais prático utilizar as concepções de senso comum, que facilitam a comunicação e o entendimento, especialmente em situações cotidianas ou em interação com o público em geral. A pesquisa mostrou também que, mesmo vivenciando situações que categorizamos como sendo de conflito cognitivo, os estudantes podem reagir de maneiras não esperadas pelos defensores do “paradigma da mudança conceitual”. Mesmo reconhecendo que os estudantes não mudam necessariamente seus entendimentos e crenças a partir de uma situação de conflito cognitivo, ainda há espaço para pesquisas que mostram um efeito consistente sobre a aprendizagem de estudante. Afinal, as situações denominadas de conflituosas são potencialmente geradoras de problemas que, se percebidos como tal, podem promover o engajamento dos estudantes em novas investigações e possivelmente levar a novas aprendizagens.

O conflito cognitivo pode se apresentar de duas formas: pela contradição entre as concepções dos estudantes e os resultados experimentais, ou entre candidatos a teorias que exibem potencial de explicar um mesmo fenômeno (KANG *et al.*, 2004). Da mesma forma, a anomalia pode ser de caráter experimental ou teórico. Para contribuir com o debate sobre a relevância do conflito cognitivo no processo de ensino-aprendizagem, é importante saber como os alunos reagem ao se depararem com anomalias, fontes constantes de conflitos cognitivos. Mason afirma que entender como as pessoas respondem às informações conflituosas e porque respondem da forma como o fazem, parece ser a chave para entender a mudança conceitual (MASON, 2000). Além disso, Dunbar sugere em um estudo histórico, que um dado inesperado examinado atentamente pode ser a chave inicial para o desenvolvimento de novos conceitos e teorias (DUNBAR, 2000). No entanto, o próprio autor mostra que, na maioria dos casos, não é isso o que acontece.

Os cientistas, em geral, descartam resultados que eles não esperam obter, provavelmente porque acreditem que eles são devidos a erros cometidos. Somente quando esses dados são recorrentes, é que passam a ser alvos da preocupação dos cientistas no estudo dessa anomalia. Então, é de se esperar que, da mesma forma que cientistas, os estudantes estariam mais aptos a defender as suas concepções sobre um determinado fenômeno do que a alterá-las em função de dados inesperados.

Mesmo assim, resultados anômalos têm sido propostos como um importante caminho para promover a mudança conceitual em estudantes (CHINN e BREWER, 1998; CHINN e BREWER, 1993; BADDOCK e BUCAT, 2008; LIN, 2007; PARK e KIM, 1998; GIRCOREANO e PACCA, 2001). Para entender as possíveis reações de cientistas e

estudantes frente a dados anômalos, Chinn e Brewer (1993) fizeram um levantamento histórico de diversas publicações científicas. Com isso, eles catalogaram as diversas reações dos cientistas quando se deparam com um dado inesperado. No trabalho em questão, os autores propõem uma categorização de 7 possíveis reações dos cientistas. Em um trabalho posterior, Chinn e Brewer (1998) testaram a própria taxonomia em um grupo de estudantes frente a dados anômalos. Desse trabalho, resultou uma revisão de sua taxonomia acrescentando uma oitava possível reação dos estudantes e cientistas.

Mais recentemente, Lin (2007) desenvolveu um trabalho no qual analisava as reações de cientistas e estudantes frente a dados anômalos de caráter experimental. Lin propôs o acréscimo de uma nova conduta de reação frente a situações inesperadas. Segundo Lin, as oito reações catalogadas por Chinn e Brewer puderam ser observadas por ele. No entanto, uma nova nona categoria não havia sido observada anteriormente.

Este trabalho, semelhante ao de Lin, analisa o comportamento dos estudantes frente a situações inesperadas em atividades práticas. No entanto, a metodologia utilizada será diferente. Enquanto Lin fez um trabalho quantitativo, assim como Chinn e Brewer, nossa análise será qualitativa a partir de dois estudos de casos de duas duplas de garotas conduzindo atividades práticas de eletricidade. A partir dos resultados pretendemos responder às perguntas: Quais são as reações das estudantes quando se deparam com as situações inesperadas em atividades práticas? Essas reações são semelhantes às já encontradas anteriormente? Há algum elemento novo nas condutas de reação dos estudantes?

2. Comportamento frente aos dados anômalos.

Antes de descrever cada um dos comportamentos dos estudantes, vale ressaltar que uma anomalia não acontece, necessariamente, por um erro procedimental adotado. Pode ser, também, devido a hipóteses formuladas por um estudante, baseadas em suas concepções alternativas profundamente arraigadas sobre o tema, e que acabam não sendo confirmadas na atividade. Dessa forma, para o estudante, o resultado da atividade será inesperado e, portanto, uma anomalia. Isso se o estudante perceber a dissonância entre aquilo que ele esperava acontecer e o que de fato aconteceu. Por essa razão, nas pesquisas sobre as reações dos estudantes, o pesquisador solicita que o estudante faça previsões verbais ou por escrito ou que forneça as razões que o levam a acreditar que o resultado obtido está correto ou incorreto.

Chinn e Brewer (1993) ao postularem as sete condutas de reação buscaram exemplos em episódios da história da Ciência nos quais cientistas depararam com dados e observações anômalas. Posteriormente os autores testaram sua taxonomia em um estudo com estudantes e acrescentaram uma oitava reação que, segundo eles, também está presente no rol de possíveis reações dos cientistas frente a dados anômalos (CHINN e BREWER, 1998).

Para analisar as reações dos estudantes Chinn e Brewer (1998) separaram os alunos em quatro grupos diferentes que receberam quatro textos diferentes. Os autores optaram por buscar um conhecimento ainda não consolidado e apresentar teorias e dados conflitantes em textos diferentes. Dois temas foram trabalhados, o fenômeno da extinção dos dinossauros e a característica térmica sanguínea dos dinossauros.

Sobre a extinção dos dinossauros, foram apresentados dois textos baseados em teorias conflitantes. O primeiro foi lido por trinta e seis estudantes e foi baseado em um artigo publicado na conhecida revista *Scientific American* que defende que a extinção foi provocada por um choque de um enorme meteoro com a Terra. A evidência para essa teoria é o excesso de irídio encontrado em várias partes do mundo. Segundo o texto, esse excesso de irídio teria origem nas rochas encontradas muito comumente em meteoros. Embora essa seja a principal evidência do texto, outras foram apontadas. Não há nenhum indício de teoria alternativa nesse texto, apenas a indicação de teorias mais antigas como, por exemplo, alterações climáticas. Os alunos classificaram sua crença na teoria exposta em uma escala de 0 a 10 e a média foi 8,1. O segundo texto, que foi lido por outros trinta e seis estudantes, credita a extinção dos dinossauros a um prolongado período de intensas erupções vulcânicas. Essa teoria também está embasada na extensa concentração de irídio encontrado ao longo da superfície da Terra.

Segundo este texto, o irídio teve origem no interior da própria Terra e foi depositado ao longo de dezenas de anos de atividade vulcânica. Da mesma forma, outras evidências são apresentadas e nenhuma teoria alternativa é apresentada, somente uma citação às mesmas teorias anteriores. Os alunos classificaram sua crença na teoria exposta em uma escala de 0 a 10 e, da mesma forma, a média foi 8,1.

Outros dois textos foram apresentados a outros grupos de estudantes sobre o sangue “quente” ou “frio” dos dinossauros. Ambos os textos foram tirados de conferências internacionais sobre o tema e explicavam a diferença teórica entre “sangue quente” e “sangue frio”. O primeiro texto, que foi lido por 32 estudantes, apresentava algumas evidências defendendo que os dinossauros tinham o “sangue quente”. Algumas evidências estavam baseadas na comparação do comportamento de animais de sangue quente, que vivem hoje, com o comportamento dos dinossauros, concluído a partir de análises paleontológicas. Os alunos classificaram sua crença na teoria exposta em uma escala de 0 a 10 e a média foi 5,5. O segundo texto também foi lido por trinta e dois estudantes e afirmava que embora a teoria do “sangue quente” tivesse adeptos, a maioria dos cientistas acreditava na teoria do “sangue frio”. O texto apresentava algumas evidências sobre a teoria do “sangue frio” entre elas, algumas derivadas de anatomia e tamanho de cérebro compatíveis com animais de sangue frio que vivem hoje. Os alunos classificaram sua crença na teoria exposta em uma escala de 0 a 10 e a média foi 5,9.

Depois de expostos aos textos teóricos, foi entregue, a cada grupo de alunos, um novo texto que apresentava evidências contrárias às teorias previamente lidas. Além de apresentar as evidências, os textos explicavam, claramente, porque elas eram contrárias à teoria que cada grupo tinha lido anteriormente. Dois conjuntos de evidências foram apresentados para contradizer a teoria da extinção dos dinossauros pelo impacto do meteoro e outros dois contradizendo a teoria de intensas erupções vulcânicas. Um conjunto de evidências foi apresentado contrariando a hipótese de dinossauros com sangue quente e outro conjunto contrariando a de sangue frio.

Chinn e Brewer, analisaram os relatos dos estudantes a partir de três perguntas: o aluno considera o dado válido? o aluno justifica o dado anômalo? o aluno muda suas concepções?. Chinn e Brewer tabularam as respostas a essas três perguntas e, com essa metodologia, categorizaram as possíveis reações dos estudantes frente a dados anômalos.

Entre o trabalho produzido por Chinn e Brewer (1998) e Lin (2007), Mason (2000) fez um trabalho semelhante ao trabalho de Chinn e Brewer. Primeiro, a pesquisadora pediu que os

estudantes respondessem em um questionário dissertativo sobre sua crença nas teorias de extinção dos dinossauros e construção da pirâmide de Gizé. Como era de se esperar, os estudantes mostraram-se tendenciosos a acreditarem nas teorias de: (a) extinção dos dinossauros através de impacto da Terra com um meteoro, (b) construção, por escravos, da pirâmide de Gizé que à luz dos conceitos da História Clássica serviria de palácios eternos dos faraós. Os alunos leram dois textos que confirmavam cada uma das duas teorias acima. Foi pedido aos alunos que ordenassem sua crença em cada um dos textos. Uma semana depois, foram apresentados dois outros textos que versavam sobre teorias alternativas sobre a extinção dos dinossauros e a construção da pirâmide de Gizé. Novamente foi pedido aos estudantes que ordenassem sua crença nesses dois últimos textos. Em seguida, foram apresentadas aos alunos evidências contrárias às teorias apresentadas nos dois primeiros textos. E, mais uma vez, cada estudante ordenou sua crença nessas evidências. Com base nesses confrontos e nas crenças dos estudantes, Mason estudou o comportamento dos alunos frente a dados anômalos. A pesquisadora encontrou as mesmas condutas de reação observadas por Chinn e Brewer, mesmo em um contexto diferente como na construção da pirâmide de Gizé.

Lin (2007) também considera como cientistas lidam com dados anômalos. Ele, porém, analisa a discussão sobre a autenticidade do Mapa de Vinland¹ através de artigos publicados na literatura científica. Ao contrário de Chinn e Brewer, que procuraram exemplos nas mais diversas áreas da Ciência, Lin partiu das várias publicações sobre o tema e analisou como os cientistas estavam reagindo a cada novo dado, anômalo à teoria em voga, que surgia na discussão. Assim, Lin percebeu que há uma reação dos cientistas frente a dado anômalos que não estava contemplada dentro das oito categorias reformuladas por Chinn e Brewer (1998). Dessa forma, Lin testou sua hipótese de nove possíveis reações em um trabalho com estudantes lidando com dados anômalos em atividades de laboratório.

Lin, diferentemente de Chinn e Brewer e de Mason, analisou a reação dos estudantes frente a situações anômalas que ocorressem em atividades práticas. Tais atividades faziam parte de uma disciplina experimental que valia créditos em cursos de graduação. Os alunos que participaram da disciplina cursavam Ciências, Ciências Sociais, Línguas e Pedagogia. A disciplina constava de quinze atividades experimentais conduzidas pelos próprios alunos e estes dispunham de três horas para realizar cada atividade. Lin analisou os relatórios de três atividades práticas dentre as quinze desenvolvidas (ponto de fusão e cristalização, destilação

¹ O Mapa de Vinland foi, supostamente, produzido na Idade Média indicando viagens nórdicas à América em um período anterior as navegações de Colombo.

simples e eletroquímica). Para análise das reações dos estudantes, ele considerou os relatórios que continham uma introdução conceitual da atividade a ser desenvolvida e os dados expressos na conclusão. Lin identificou a presença de dados anômalos nos relatórios a partir das informações discrepantes entre a conclusão do relatório e a introdução conceitual do mesmo. Além disso, os relatórios com dados anômalos explicitados, mas sem os conceitos referentes àquele dado na introdução foram descartados. Da mesma forma, relatórios com o conceito na introdução, mas que não apresentassem, na conclusão, dados anômalos às concepções prévias, também foram descartados. Assim ele analisou 547 relatórios nos quais havia uma exposição clara de conceitos e os dados anômalos correspondentes. Embora as atividades sejam diferentes, a forma de análise foi a mesma nos três trabalhos. Lin também analisou os relatórios experimentais dos estudantes procurando responder às três perguntas já mencionadas: o aluno considera o dado válido? o aluno justifica o dado anômalo? o aluno muda suas concepções?. Assim ele esperava obter condutas semelhantes àquelas já catalogadas por Chinn e Brewer (1998).

Além de analisar as reações dos estudantes frente a situações inesperadas, Lin estudou quais atividades são utilizadas pelos estudantes entre a constatação do resultado anômalo e suas reações. Estas atividades ele chamou de mediadores. Nas palavras de Lin, “o mediador é uma atividade explícita que auxilia o sujeito a formar sua resposta quando ele encontra um conjunto de dados anômalos” (pág.510). Lin identificou, nos relatórios dos estudantes, dois tipos de mediadores: confirmação e discussão.

O primeiro consiste em confirmar os resultados anômalos a partir da repetição do experimento. Sendo uma atividade que pode ser reproduzida, alguns alunos optaram por repetir o experimento algumas vezes como forma de confirmar o dado anômalo. Esta confirmação pode ser subdividida em duas categorias. O estudante pode repetir experiência seguindo os mesmos procedimentos para garantir que os dados são consistentes, ou criar uma hipótese para justificar o dado anômalo e realizar uma atividade experimental para testar sua hipótese. De qualquer forma, a reação ao dado anômalo passa, antes, por uma confirmação experimental, ou do dado em si ou de uma hipótese que o justifique. Já a discussão ocorre entre os estudantes e o professor ou internamente no grupo de alunos. Através desta atividade, os estudantes não repetem a experiência, mas promovem um debate sobre o significado do resultado encontrado. Assim, antes de comunicarem em seus relatos alguma reação frente ao dado anômalo, os estudantes discutem sobre ele.

Vale lembrar que Lin avaliou parte dos relatórios dos estudantes. Sendo assim, ele analisou a resposta final dos alunos neste relatório e acompanhou, através do mesmo, a trajetória que eles fizeram. Pelo fato de o trabalho ter sido desenvolvido dentro de uma disciplina curricular que valia créditos para os estudantes era esperado dos alunos uma conclusão formal do trabalho. Isto porque, quando eles são confrontados com um resultado inesperado, em geral, a conclusão da atividade é acompanhada de uma análise daquele resultado. Conseqüentemente, a reação dos estudantes frente à anomalia e aos procedimentos adotados por eles entre a observação do dado anômalo e a conduta reação frente ao mesmo ficam evidenciados no relatório. Considerando estas características do trabalho, ele identificou dois caminhos trilhados pelos estudantes, a partir dos dados anômalos, para concluir seus trabalhos. Ele chamou estes percursos de procedimentos de reação, ou seja, quais os procedimentos que os estudantes adotam entre a observação do dado anômalo e a conduta de reação. Ou eles vão direto do dado anômalo para a conduta de reação (processo chamado de AR – anomalia-reação) ou eles encontram a anomalia, passam por um mediador (com ou sem presença de condutas de reações intermediárias) e chegam à conclusão do trabalho (processo chamado de AMR – anomalia-mediador-reação).

A taxonomia proposta por Chinn e Brewer em conjunto com o trabalho realizado por Lin formam um forte apoio para a compreensão do comportamento dos estudantes frente às situações inesperadas. A seguir apresentamos uma descrição das oito condutas de reação propostas por Chinn e Brewer e também aquela encontrada por Lin. Destacamos entre parênteses quem, originalmente, propôs tal categorização.

2.1 Ignorar os dados inesperados (Chinn e Brewer)

O comportamento classificado como “ignorar dados inesperados” pode ocorrer de duas maneiras diferentes. Na primeira, o estudante nota o resultado inesperado e está consciente da anomalia, mas o ignora por não conseguir explicá-lo em termos de suas ideias sobre o tópico em estudo. Quando Chinn e Brewer (1998) desenvolveram seu trabalho, encontraram situações nas quais o estudante ignorava a existência de dados anômalos por não saber explicá-los.

Porém, o estudante pode ignorar um dado por não conseguir identificar uma anomalia dentro de uma atividade experimental. Assim, algumas vezes, o ato de ignorar o resultado inesperado pode ser inconsciente, uma vez que ele não é percebido como tal. Quando o aluno desenvolve uma atividade prática, ele está realizando uma série de procedimentos e sujeito a

desenvolver entendimentos novos de forma que algumas informações relevantes podem passar despercebidas. Essa situação não foi identificada nos trabalhos de Chinn e Brewer. No trabalho dos autores, as teorias a serem questionadas pelos alunos foram apresentadas em forma de textos e os resultados anômalos eram claramente explicitados, de tal forma que não passassem despercebidos pelos estudantes. Assim, não havia espaço para que os estudantes não reconhecessem a observação ou o dado anômalo existente.

No trabalho de Lin essa categoria foi raramente percebida. Apenas 1 (um) caso, entre os mais de 200 analisados por ele, apresentou essa reação. Porém, segundo o autor, sua metodologia de coleta de dados pode ter interferido no resultado e, por isso, ele se propõe a realizar um novo trabalho para analisar esta reação.

Independentemente do por que se ignorar a anomalia, o aluno não julga ser relevante explicar ou mesmo considerar, a validade e confiabilidade do dado. Dessa forma, as concepções prévias dos estudantes permanecem inalteradas.

2.2 *Rejeitar os dados (Chinn e Brewer)*

Quando o aluno rejeita um dado inesperado ele apresenta uma justificativa para negar a validade do dado. Ele tem fortes razões, em vista de suas ideias sobre o fenômeno estudado, de que o resultado não deveria ser aquele e, geralmente, atribui a ocorrência da anomalia a erros ocorridos na realização da atividade. É comum escutar dos alunos que, como não se sabe como o dado foi coletado, não se tem certeza de sua confiabilidade, quando a atividade é teórica como no trabalho de Chinn e Brewer. No trabalho de Lin, todas as formas de rejeição ao dado estão ligadas a alguma forma de erro: pessoal, instrumental, metodológico ou intrínseco a toda atividade prática como já indicava Mason (2000).

Neste tipo de reação, o estudante nega a validade do dado, mas, diferentemente de ignorar o dado, ele justifica a negação. Conseqüentemente, o aluno mantém suas concepções inalteradas.

2.3 *Incerteza sobre a validade dos dados (Chinn e Brewer)*

Podem ocorrer situações em que o estudante não consegue se decidir sobre a validade do dado. Nesse caso são levantadas várias questões sobre aceitar ou não o dado anômalo. Segundo Lin, as principais questões levantadas nas atividades práticas são quanto à reprodutibilidade da experiência e à baixa precisão de instrumentos e métodos. Os alunos, em

geral, acreditam, que irão reproduzir no laboratório escolar as mesmas atividades práticas, e com os mesmos fins, que os cientistas desenvolvem. Sendo assim, eles normalmente alegam dificuldade de reproduzir a experiência da forma como foi feita pelos cientistas e, por isso, não conseguem se decidir se o resultado encontrado por eles é coerente com as teorias prévias. Também questionam o próprio resultado alegando que não dispõem de equipamentos com precisão suficiente para atingir o resultado esperado. Assim, o aluno não consegue tomar uma decisão e acaba colocando a anomalia de lado, não oferecendo uma justificativa para isso, e parte para examinar outros dados ou para repetir todo o procedimento tentando resolver o impasse.

Os estudantes não conseguem, nesta situação, definir se o dado é ou não válido. No entanto, eles justificam suas dúvidas, mas as concepções prévias permanecem inalteradas até que surjam novas informações.

2.4 *Incerteza sobre a interpretação dos dados (Lin)*

Quando o estudante se depara com uma anomalia ele pode formular algumas justificativas e explicações sobre a validade do dado. Segundo Lin, uma reação diferente daquelas categorizadas por Chinn e Brewer ocorre quando o estudante demonstra incerteza sobre suas próprias explicações acerca da validade do dado. De acordo com Lin, “os estudantes descreveram estar incertos sobre suas explicações serem legítimas ou não sobre a validade do dado anômalo”.

Assim como na conduta anterior, os estudantes estão indecisos sobre a validade do dado. No entanto, nesta reação eles tentam encontrar uma explicação para o dado, mas não têm certeza sobre a própria explicação. Em todos os casos em que esta reação foi percebida por Lin os estudantes não conseguiram decidir se suas concepções iniciais deveriam ser modificadas ou não.

2.5 *Excluir os dados da teoria (Chinn e Brewer)*

Na exclusão, o aluno reconhece a existência da anomalia, mas julga que ela não faz parte do escopo da teoria ou do tópico que está sendo estudado. Sendo assim, ele não se preocupa em questionar a validade do dado e, muito menos, em confrontá-lo com a teoria que explicaria aquele resultado ou observação, já que é algo estranho a ela. Os alunos podem até oferecer uma nova explicação, uma nova teoria, para encaixar a anomalia. Porém, essa

explicação é dada em função de outro fenômeno completamente diferente do que está sendo estudado.

Dessa forma, o estudante aceita o dado como válido, embora irrelevante para a atividade na qual esteja envolvido, e pode ou não, oferecer uma explicação para ele, mas suas concepções prévias permanecem inalteradas.

2.6 Colocar os dados em suspensão (Chinn e Brewer)

Esse é o primeiro comportamento no qual o aluno reconhece e aceita o dado anômalo como válido e pertencente ao escopo da teoria que está sendo estudada. Além disso, ele percebe que há uma discrepância entre os dados e suas ideias e teorias sobre o fenômeno em estudo, o que não ocorre, por exemplo, com a exclusão do dado anômalo. Porém, ele não sabe se consegue explicar a anomalia ou não entende porque os dados estão fora do que era esperado. Assim, a anomalia é colocada de lado esperando um desenvolvimento futuro da atividade ou um desenvolvimento de seu entendimento acerca do fenômeno que englobe a situação e possibilite formular alguma explicação.

Portanto, os dados são vistos como válidos, não há explicações sobre eles e as concepções prévias dos estudantes permanecem inalteradas enquanto aguardam por novos desenvolvimentos.

2.7 Reinterpretar os dados (Chinn e Brewer)

Segundo Chinn e Brewer, reinterpretar o dado envolve fazer uma análise diferente da anomalia, tentando explicá-lo a partir das próprias concepções. Lin encontrou situações nas quais os estudantes reinterpretavam o dado ao questionar as condições em que foram realizadas as experiências. Ao comparar os resultados encontrados com aqueles esperados, os alunos tentavam justificar as discrepâncias julgando diferentes as condições do laboratório escolar daqueles existentes nos laboratórios onde foram feitas as pesquisas em que eles se baseavam. Ou seja, fatores externos diferentes exigiam, do ponto de vista dos estudantes, interpretações diferentes dos dados.

Dessa forma, os estudantes aceitam o dado como válido, mas como suas concepções estão fortemente arraigadas eles tentam explicá-lo através da própria teoria ou por comparações das condições em que foi realizada a atividade. Assim, suas concepções prévias permanecem inalteradas.

2.8 Realizar mudanças periféricas (Chinn e Brewer)

Nesse comportamento, o estudante aceita incoerências nas suas concepções sobre o tópico, reconhecendo que elas não são capazes de explicar a anomalia. Porém, as alterações feitas em sua teoria são pequenas, apenas para ajustar aquele dado às suas concepções. Estas modificações são, em geral, fruto de acréscimos nas condições iniciais do problema (que não haviam sido consideradas) e de concepções alternativas ao núcleo central da teoria (LAKATOS, 1970). Ou seja, o núcleo central de suas concepções prévias permanece inalterado.

Dessa forma, o estudante aceita o resultado anômalo como válido, e faz pequenas alterações em suas concepções para explicá-lo.

2.9 Mudança da teoria (Chinn e Brewer)

A mudança do núcleo central da teoria é o máximo efeito que um dado anômalo pode produzir. O observador modifica seu entendimento e sua maneira de explicar o fenômeno, de forma que o resultado anômalo passa a ser uma dos resultados possíveis e explicáveis pela nova teoria. Essa mudança pode acontecer no decorrer de um processo de reflexão sobre o fenômeno, de discussões com colegas ou pela consulta a fontes confiáveis, como professores e livros. Lin salienta que, em alguns casos, o dado anômalo pode não levar diretamente a uma mudança de teoria. Ele encontrou, em sua pesquisa, que a partir da obtenção de um resultado anômalo alguns estudantes voltaram aos livros para reestudar os conceitos que estavam sendo trabalhados e alteram suas concepções.

Quando esse comportamento acontece, o estudante aceita a validade do dado, reconhece a incapacidade de sua teoria em explicá-lo e altera suas concepções prévias para explicar a anomalia.

Chinn e Brewer (1993, 1998) e Lin (2007) produziram trabalhos que abordam um lado prático da categorização do comportamento dos estudantes frente a dados inesperados. No entanto, Chinn e Brewer, os primeiros a propor uma taxonomia para a análise das reações dos estudantes, se inspiraram na teoria da equilibração (PIAGET, 1976). Piaget afirma que os estudantes, diante de um conflito cognitivo, podem ter três tipos de reações: alfa, beta e gama. Na reação alfa o estudante mantém suas estruturas cognitivas inalteradas mesmo diante de situações conflituosas. Na beta pequenas alterações são percebidas nas estruturas cognitivas

para ajustar o resultado inesperado a elas. E na gama a resultado anômalo é condição para uma reorganização das estruturas do indivíduo ou transformando-as ou gerando novas estruturas. Em um trabalho anterior (BORGES *et al.*, 2002), foi feita uma tabela comparativa entre as condutas de reação da teoria da equilibração de Piaget com a taxonomia proposta por Chinn e Brewer. Essa comparação teve como base a mudança conceitual, ou seja, se há mudança conceitual a reação corresponde à conduta gama de Piaget. Se houver apenas mudanças periféricas compara-se com a conduta beta. Se não há qualquer modificação conceitual, como ignorar o dado ou rejeitá-lo, a associação feita foi com a conduta alfa de Piaget. A tabela abaixo foi atualizada a partir da tabela apresentada por Borges *et al.* (2002).

Tabela – Comparação das categorias de condutas de reação propostas por Chinn e Brewer e reformuladas por Lin com as condutas de assimilação/acomodação de Piaget

Chinn e Brewer e Lin	Piaget
Ignorar os dados	Reação Alfa
Rejeitar os dados	
Incerteza sobre a validade dos dados	
Incerteza sobre a interpretação dos dados	
Excluir os dados	
Manter os dados de lado	
Reinterpretar os dados	Reação Beta
Mudanças periféricas na teoria	Reação Gama
Mudança da teoria	

Para se compreender o comportamento dos estudantes em situações conflituosas a partir das teorias de Piaget seria necessário analisar os processos de assimilação e acomodação na aquisição de novos conceitos por parte dos estudantes. Além disso, as condutas de Piaget dizem respeito a um processo cognitivo interno ao estudante. Sendo assim, fica mais difícil, ou até mesmo inviável, para o professor a observação deste comportamento.

Por outro lado, as análises de Chinn e Brewer (1993, 1998) e de Lin (2007) resultaram em categorias que apresentam a vantagem de serem facilmente aplicadas em situações onde o professor precisa tomar decisões imediatas. Pois, as categorias de Chinn e Brewer e Lin apontam para comportamentos externalizados dos estudantes, enquanto a teoria de Piaget versa sobre processos internos ao indivíduo e, portanto, mais difícil de acessar.

Quando uma situação inesperada surge, o professor tem um papel fundamental de mediador estimulando o processo investigativo do estudante. Entender como o aluno pode reagir às anomalias permite ao professor entender os raciocínios desenvolvidos pelos

estudantes e ajudá-los a questionar suas conclusões, de forma a compreender o que está envolvido naquele ponto da atividade.

O ideal que se espera do professor é que ele conheça a teoria por trás do desenvolvimento conceitual a partir dos conflitos cognitivos, mas que possa tomar decisões rápidas em situações de sala de aula. Para isso seria importante que ele conhecesse a teoria de equilíbrio de Piaget e, ao mesmo tempo, as condutas de reação dos estudantes catalogadas na literatura.

3. Questão de pesquisa e metodologia

Ao longo dos últimos anos, as atividades práticas escolares ganharam força como instrumento para a melhoria da qualidade da educação em ciências. Cada vez mais se defende a utilização de abertas, nas quais o aluno se torna mais responsável pela condução das tarefas e análise dos dados. Uma das potencialidades das atividades práticas é promover o desenvolvimento conceitual dos estudantes através da resolução de problemas práticos que frequentemente os leva a se deparar com observações e dados inesperados, aos quais referiremos como anomalias, que podem dar origem a conflitos cognitivos. Muito pouco se tem estudado sobre as reações dos estudantes quando encontram uma anomalia de natureza experimental.

Este trabalho pretende analisar, de maneira qualitativa, como os estudantes reagem quando se deparam com anomalias de natureza experimental. Quais são as reações dos estudantes quando se deparam com dados anômalos de natureza experimental? A análise a partir de estudos de caso apresenta alguma diferença em relação àquela apresentada por Lin?

Para este trabalho, fizemos entrevistas semiestruturadas com duplas de estudantes enquanto eles realizavam um conjunto de tarefas práticas. As discussões entre eles foram registradas em áudio e vídeo para posterior análise de suas previsões, observações, explicações e reações. Os alunos participantes eram voluntários que se dispuseram a estar na escola no contra turno de suas aulas. Os estudantes tiveram a liberdade, em função de horário e disponibilidade, de fazer as atividades em duplas ou individualmente. Desenvolvemos um conjunto de tarefas práticas simples de montagem de circuitos elétricos utilizando materiais como lâmpadas de lanterna, fios e pilhas. Como público-alvo, convidamos alunos da 2ª ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual de Minas Gerais. Essa é uma das maiores escolas do Estado tendo em uma de suas unidades e no turno da manhã 20 turmas do 2º ano do Ensino Médio. Todos os alunos dessas 20 turmas foram convidados a participar. Os alunos que se dispuseram eram de turmas diversas, ou seja, muitos não se conheciam. Assim, podemos supor que, entre uma entrevista e outra não houve contato entre os alunos ou este raramente ocorreu.

Nessa escola, os temas eletricidade e circuitos elétricos são estudados no terceiro ano do Ensino Médio. Os estudantes receberam um TCLE que descrevia os objetivos do estudo que estava planejado e que solicitava a concordância deles e de seus responsáveis para que participassem das atividades. Além dos estudantes, a Instituição recebeu uma solicitação de

autorização para realização das atividades. Tanto os TCLE, dos pais e dos alunos, quanto a solicitação à instituição estão disponibilizadas em anexo.

Na referida escola, os alunos têm três aulas de física por semana tanto no 1º ano quanto no 2º ano do Ensino Médio. Além destas aulas teóricas, eles têm uma aula de laboratório que ocorre, aproximadamente, uma vez a cada mês. Esta aula de laboratório acontece em substituição a uma aula teórica e é ministrada por outro professor. Não há, necessariamente, um vínculo de conteúdos entre as aulas teóricas e esta de laboratório. Um dos objetivos da aula de laboratório, principalmente para os estudantes de 1º ano, é apresentar os vários ramos da Física. Então, os alunos que estudaram nesta escola no ano anterior, todos os que participaram da entrevista, tiveram uma breve vivência de fenômenos relacionados à eletricidade como um ramo da Física, mas sem o rigor comumente exigido no aprendizado de conceitos formalmente trabalhados.

Nas atividades realizadas para coleta de dados, os alunos, trabalhando em duplas ou individualmente, deveriam fazer funcionar uma pequena lâmpada usando pilhas em um circuito simples. Em seguida, foi solicitado que ligassem duas lâmpadas em um circuito série. Finalmente eles deveriam montar um novo circuito, também com duas lâmpadas, de forma que ao retirar uma delas, a outra se mantivesse acesa, tal como acontece com as lâmpadas comuns em uma casa ou na escola. Assim, acreditamos que a novidade do assunto para os estudantes pudesse originar um maior número de situações inesperadas.

Foram feitas 10 (dez) entrevistas e apresentamos a análise das ações e diálogos de duas duplas de garotas procurando destacar suas reações frente a acontecimentos e resultados inesperados. Optamos por uma abordagem qualitativa ao problema já que coletar e analisar dados sobre fatos inesperados em atividades práticas seria complicado de outra forma, por causa da infra-estrutura de materiais necessária, da dificuldade de coletar dados sobre as reações dos estudantes através de questionários ou de relatórios, além do tempo necessário para fazer um conjunto de atividades que nos desse confiança de encontrar episódios em que os grupos se deparassem com situações inesperadas. Numa atividade prática não há como prever que resultados e observações anômalos irão ocorrer, mas alguns tópicos favorecem mais a possibilidade de os estudantes encontrarem anomalias do que outros. A literatura da área sugere que eletricidade é um desses tópicos, na medida em que a maioria dos adolescentes e adultos têm alguma experiência em lidar com dispositivos elétricos em situações cotidianas. É provável, portanto, que a maioria das pessoas tenham desenvolvido concepções sobre a eletricidade e o funcionamento dos dispositivos elétricos bem antes do

estudo formal do t3pico. Todas as grava33es foram ouvidas e os crit33rios utilizados para escolher quais fitas seriam transcritas foram o envolvimento dos estudantes com as tarefas apresentadas e as intera33es entre eles durante a entrevista. Estas intera33es foram, em geral, discuss33o entre os pares e rea33es frente ao inesperado. Isto nos possibilitou uma quantidade satisfat33ria de rea33es ao inesperado com, somente, dois estudos de caso. Se fiz33ssemos com mais epis33dios o trabalho poderia ser mais rico, mas apresentaria uma extens33o demasiadamente grande. Por isto, optamos por apenas dois estudos de caso com mais quantidade de rea33es em cada um.

As duas entrevistas analisadas foram feitas com duplas de meninas em dias diferentes. As quatro disseram que n33o sabiam e nem tinham visto nada sobre eletricidade na escola. Por33m, no decorrer da atividade elas se lembraram de algumas passagens e disseram que no laborat33rio, durante o primeiro ano, tiveram uma primeira ideia de circuitos el33tricos.

O in33cio da conversa foi baseado em perguntas do tipo: qual o seu nome?; qual a s33rie em que voc33 estuda?; o que voc33 j33 estudou em F33sica?. Estas perguntas deixam os alunos um pouco mais soltos, quebrando a tens33o dos minutos iniciais, e registram a informa33o sobre os alunos e seus conhecimentos pr33vios.

As duplas eram formadas por escolha das alunas, ou seja, elas se conheciam e eram da mesma sala. No entanto, a primeira dupla era de uma sala diferente da segunda dupla. Provavelmente, n33o houve contato entre as duplas entre uma grava33o e outra.

Para analisar as entrevistas com as estudantes frente a situa33es inesperadas tomaremos como base as condutas de rea33o catalogadas e mencionadas no cap33tulo anterior, bem como os procedimentos de respostas 33s anomalias, AR (anomalia-rea33o) e AMR (anomalia-mediador-rea33o), que as alunas desenvolveram ao longo da atividade. A nossa an33lise foi com base no comportamento das estudantes. Sempre que havia alguma d33vida quanto ao tipo de rea33o das estudantes, recorri33mos 33s perguntas constru33das por Chinn e Brewer para catalogar as condutas de rea33o.

4. Resultados e Discussão

Nos relatos dos dois casos que se seguem, os termos teoria e concepção, daqui por diante, são usados como sinônimos para se referir ao conteúdo, ou ao significado, das explicações dos estudantes durante a realização das tarefas. Da mesma forma, as classificações das reações das alunas são inferências do pesquisador sobre os conhecimentos mobilizados pelas alunas para dar sentido às suas previsões, explicações e observações sobre os fenômenos com os quais elas lidam.

Também em ambos os relatos utilizamos E para designar o entrevistador, as letras A e B (estudo de caso 1) e as letras C e D (estudo de caso 2) para designar os membros de cada uma das duplas de alunas.

4.1 *Estudo de caso 1*

A entrevista com a primeira dupla foi realizada durante a tarde de um dia letivo em uma das salas de laboratório da escola. O pesquisador e as duas estudantes sentaram-se em torno de uma mesa. Um gravador de áudio foi posicionado próximo a elas e uma câmera de vídeo foi utilizada para registrar as ações e gestos que elas faziam enquanto realizavam as tarefas propostas. O estudo de caso foi escrito principalmente a partir do registro em áudio. O analista recorreu aos registros em vídeos para rever e esclarecer as ações que as alunas faziam.

E: Hoje a nossa conversa é sobre eletricidade, sobre como funciona esta ou qualquer lâmpada, ou sobre como a gente pode fazer uma lâmpada funcionar. Para começar temos aqui duas lâmpadas, um fio e uma pilha e vocês podem escolher quaisquer materiais que quiserem. Como é que eu posso fazer uma lâmpada acender?

A: Ah! Eu vi um laboratório ano passado que era isso. Quer ver?

E: Quero.

O entrevistador solicitou que elas desenhassem como seria a ligação entre pilha, fios e lâmpada que esta acendesse. A figura 1 abaixo mostra o desenho feito por elas antes de começarem a manusear o material. O desenho não é claro, mas aparentemente elas pretendiam utilizar um único fio ligando a pilha à lâmpada.

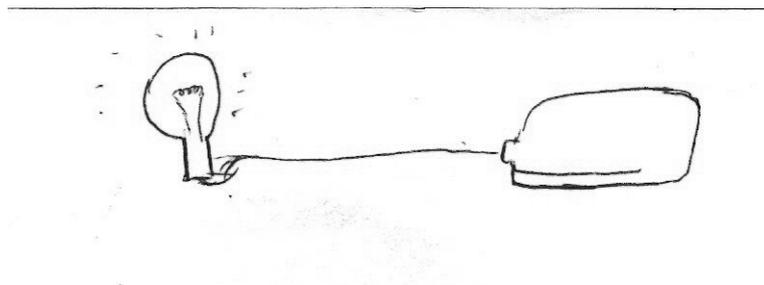


Figura 1 – Desenho feito pelas alunas indicando como elas acreditavam ser capazes de acender uma lâmpada usando uma pilha e fios

Neste início das atividades as alunas tinham a tarefa simples de fazer brilhar uma pequena lâmpada de lanterna. Algumas tentativas foram feitas e, enquanto elas manuseavam o material, o entrevistador dialogava com elas sobre o que estavam fazendo, onde já tinham visto esta montagem e estímulos à participação das duas na atividade.

B: Ah não! Um liga aqui e o outro encosta...

A aluna gritou achando que havia se lembrado de como deve proceder para acender a lâmpada. De início houve um dado anômalo. A primeira montagem, feita conforme o desenho, não fez a lâmpada acender. Pelo desenho inicial, só havia um contato entre a pilha e a lâmpada, fornecido pelo fio. A concepção que elas mostravam é de que a lâmpada acenderia somente com um fio, partindo do pólo positivo da pilha, e passando a outra ponta do fio por toda a base metálica da lâmpada. Elas não tinham claro em que posição exatamente a ponta do fio deveria ser colocada em contato com a lâmpada, por isso o desenho parece se abrir no final. Também observamos durante a atividade que as alunas encostavam a ponta do fio em diferentes partes da base metálica.

A partir do dado anômalo elas partem para um processo de **mudança de suas concepções**, alterando a forma de ligar a lâmpada. A primeira reação delas foi descartar a própria teoria, de usar somente um contato da pilha, e partir para tentativas de acender a lâmpada construindo uma nova concepção. Para a aluna havia, agora, uma necessidade de dois pontos: “um liga aqui”, ou seja, um dos pólos da pilha liga-se à lâmpada através do fio, “o outro encosta...”, um dos pólos da pilha deve encostar direto na lâmpada. O circuito pode ser montado dessa forma e acender a lâmpada. No entanto, é uma forma pouco usual de montar um circuito, usado apenas em aulas ou testes rápidos, para saber se a lâmpada está

funcionando ou não. A figura 2 mostra uma foto que representa uma das tentativas iniciais das alunas depois de descartar a primeira concepção, mostrada na figura 1.



Figura 2 – Foto representativa da tentativa inicial das alunas de acender a lâmpada

A: Isso! Era alguma coisa assim.

B: Não deu.

E: Não deu!

A: Ah, eu lembro disso.

E: Vocês estão quase lá.

A: Não.

E: Não acendeu. Mas vocês estão pertinho de acender!

É importante destacar que o pesquisador procurou interferir em alguns momentos. O importante nesse caso era que as estudantes conseguissem produzir o fenômeno para que a entrevista pudesse continuar, sem que desanimassem com os insucessos iniciais. Não era nosso propósito que os estudantes entrevistados descobrissem como devem ligar a lâmpada à pilha para que ela brilhasse. Também, o foco do presente estudo não eram as concepções ou modelos de corrente elétrica dos estudantes, mas suas reações a resultados e observações anômalas. Portanto, era fundamental que conseguissem produzir o fenômeno de acender a lâmpada para que pudéssemos nos concentrar nele buscando fazer previsões e encontrar resultados inesperados.

B: Não, espera um momento. Coloca aqui de baixo (o fio na parte de baixo da pilha).

As primeiras tentativas foram adequadas, mas ainda faltava algo coisa para o funcionamento da lâmpada. Elas aproximaram a lâmpada de um dos contatos, o que indica que, para elas, a lâmpada tem que encostar-se à pilha, não podia ser com auxílio de um fio. De início podemos perceber que, entre o que elas desenharam e o que elas tentavam fazer havia uma diferença. No desenho da figura 1 a lâmpada não encostava diretamente na pilha e elas acreditavam nisso para fazer a lâmpada brilhar. No entanto, quando não acendeu, elas descartaram essa concepção e passaram a manusear o material fazendo questão de colocar a lâmpada em contato direto com a pilha assumindo que este contato era obrigatório. Esta mudança de postura dá indícios de que houve **mudança nas concepções** das estudantes.

É interessante notar que um mesmo dado anômalo representou duas mudanças de concepções diferentes nas alunas. Em um primeiro momento elas deixaram de acreditar ou colocaram de lado a ideia de que a lâmpada acenderia conectando-se a um único pólo e começaram a conectar a lâmpada aos dois pólos da pilha. Posteriormente, a discussão mostrou que elas deixavam de perceber o fio como elemento de ligação e passavam a acreditar que era necessário o contato entre pilha e lâmpada para o devido funcionamento do circuito. O fio ainda se fez presente nesta nova concepção, mas o contato da lâmpada com a pilha era uma condição de funcionamento que não era levado em consideração nas primeiras concepções das estudantes.

E: Parece que, para você, esse fio de baixo tem que existir, certo?

A: Então, não tem que ter não, não é?

Risos

E: Não, pode ser que tenha sim. É só para ajudar vocês. Esse fio de baixo tem que ter?

B: Tem que ter, é o circuito, não é?

E: É o circuito. O que é um circuito?

B: Circula.

E: Então tem que circular, não é? Então circula. Como é que circula?

As alunas mostravam uma concepção de circuito que tem que circular. Mas não explicavam o quê devia circular.

A: Acendeu!

E: Onde?

B: Ah, apagou.

E: Como é que acende esta lâmpada? Eu tenho que ver.

A: Eu vi que acendeu.

B: Eu também vi.

E: Eu acredito, mas eu quero ver como é que acendeu.

A lâmpada acendeu uma primeira vez e depois apagou. Elas não perceberam o que tinham modificado no circuito fazendo a lâmpada acender. As alunas estavam tentando colocar os dois pólos da pilha em um único contato com a lâmpada, como mostra a figura 2. Um fio saía do pólo negativo e se conectava ao pólo positivo. A lâmpada era colocada em cima do fio pressionando-o contra o pólo positivo. Para as alunas, os pólos positivo e negativo entravam em contato com a lâmpada em um único ponto.

A lâmpada acendeu brevemente porque houve um contato acidental do fio com a lateral da lâmpada. Elas não perceberam este contato e continuaram tentando.

A: Eu tinha conseguido.

B: Ô A, faz a mágica aí de novo.

A: Aí, olhe!

E: Ah, piscou! Mas piscou por quê? Porque ela não acende, só pisca? Não é lâmpada de natal.

As estudantes ainda não entenderam o porquê de a lâmpada ter acendido.

B: Ela vai acender?

E: Vai ter que acender. Então troca a forma de ligar.

A: Como é que troca?

E: Boa pergunta.

B: Não é assim, não é possível. Se não já tinha funcionado.

E: Então, como é?

A: Acho que é só encostar o negocinho (sic).

B: Mas aí, ela vai piscar, não vai acender.

A: Ah, eu vi ela acender.

E: Eu também vi acender, brevemente.

B: Ela tem que encostar na pilha para ela acender.

A: Vamos desistir...

Elas pensavam em desistir por causa dos fracassos sucessivos. O pesquisador entrevistou para mantê-las engajadas. Depois de algumas palavras de incentivo e outra tentativa, elas lograram êxito. De repente, parece que ficam claras as condições para acender uma lâmpada com um par de fios e uma pilha. A dificuldade passou por reconhecer que a lâmpada é um

dispositivo com dois terminais, mas sem polaridade. Essa última ideia ainda não estava claramente estabelecida, como se verá a seguir.

E: Sem desistir, vocês estão quase conseguindo

A: Acendeu.

E: Como você fez?

A: Tem que encostar isso aqui na lâmpada

E: O fio encosta na lâmpada ou fio encosta na...

A: O fio encosta na lâmpada

AB: e a lâmpada na pilha.

E: Desenha isso para mim, vamos ver como funciona.

B: Agora funciona.

E: Depois que descobre como funciona fica fácil, não é?

A figura 3 é o desenho feito pelas alunas para mostrar como conectar fio, pilha e lâmpada fazendo a lâmpada acender.

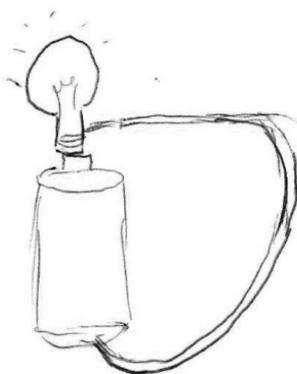


Figura 3 – Desenho das alunas mostrando como acender a lâmpada depois que elas já tinham conseguido montar o circuito

A figura mostra a necessidade, do ponto de vista das alunas, do contato direto entre a lâmpada e a pilha. A lâmpada é colocada sobre pólo positivo da pilha. Embora o desenho não mostre polaridades na pilha, as alunas demonstraram saber qual é o pólo positivo e negativo na pilha. Para fazer a conexão entre o pólo negativo e a lâmpada, elas desenharam um fio saindo da parte de baixo da pilha e se conectando à lateral da lâmpada. Ainda que o desenho sugira a existência de dois fios, as alunas foram claras ao explicar que somente um fio era

necessário e a lâmpada deveria estar em contato com a pilha. Assim, elas usaram um traço duplo, mas representaram apenas um fio.

A diferença dos desenhos das alunas (figuras 1 e 3) nos mostra que houve uma **mudança de concepções**. O procedimento que levou as alunas a sair da primeira concepção até esta última pode ser considerado um AMR, pois durante o processo elas passaram tanto pelo mediador de confirmação, quando testaram hipóteses de funcionamento da lâmpada, quanto pelo mediador de discussão ao dialogarem entre si e com o pesquisador buscando alternativas para acender a lâmpada. No entanto, não identificamos condutas de reação diferentes como intermediárias neste processo.

Seguem alguns diálogos curtos e em voz baixa, quase inaudíveis, mas a aluna B falava em algo como circuito. Uma das meninas disse que tinha um nome para este tipo de circuito. No trecho acima percebe-se que as alunas conseguiram ligar a lâmpada e observaram que seu funcionamento depende de dois pontos, o contato do fio com a lateral da lâmpada e o contato da própria lâmpada (uma concepção que elas insistem em manter) com a pilha, conforme a figura 3.

Em seguida, um diálogo entre o entrevistador e as alunas buscou explicitar suas concepções sobre os fenômenos que ocorrem no fio, na pilha e na lâmpada enquanto o circuito funcionava. No diálogo surgiu o conceito de corrente elétrica para as alunas. Este conceito, para elas, era uma mistura de carga e energia passando pelo fio e proveniente da pilha.

B: Está passando corrente elétrica.

E: O que é corrente elétrica?

A: A carga positiva. Não sei.

B: Propagação da energia.

E: Da pilha?

B: É.

E: Mas como?

B: Através do fio. O fio que vai encostar, vai ter uma passagem, vai...

E: Passagem de que?

A: De carga.

E: De carga. Mas essa carga vem de onde?

A: Da pilha.

E: Da pilha. Mas a pilha tem carga?

A: Tem carga positiva e negativa. Aí a carga negativa atrai a carga positiva e aí vai.

E: Certo. E eu tomo choque?

A: Não!

E: Mas ela tem carga?

A: Mas tem pouca. Ela tem menos carga.

Por não terem estudado formalmente o assunto, era difícil para elas formularem boas explicações do que acontecia no circuito. O trecho acima apresenta indícios de um caso em que uma anomalia (não tomar choque mesmo tendo carga) gerou uma reação de **reinterpretação dos dados**. Ou seja, para a aluna, havia uma associação entre carga elétrica e choque e na pilha havia certa quantidade de carga. Quando ela foi confrontada com a ideia de que, ao segurar a pilha, nós não tomamos choque, ela se justificou pela pouca quantidade de carga na pilha. Assim, suas concepções não foram alteradas e uma justificativa foi fornecida para explicar a anomalia com base na própria teoria. Identificamos que não houve mediação entre a observação da anomalia (não tomar choque) por parte da aluna e a reinterpretação dos dados, caracterizando um processo AR.

E: Então ela só funciona, por quê? Sai carga daqui (apontando para a pilha), passa pelo fio...

B: E chega na lâmpada.

E: E chega na lâmpada. Então vamos tentar acender a lâmpada novamente.

Elas refizeram os contatos, fazendo a lâmpada brilhar. A dupla foi então questionada sobre o que devia acontecer se pequenas modificações forem introduzidas no circuito montado.

E: E se eu inverter? Trocar o fio de lado? Vai mudar alguma coisa?

A: Não.

E: Por quê?

A: Porque o fio é igual. O que muda é na pilha.

B: É o transporte... (inaudível)

E: E se eu virar a pilha?

A: Não vai acender.

B: É.

E: Não?

B: Por isso que se diferenciou a pilha de mais e menos.

Inferimos que as alunas acreditavam que o circuito simples só funciona se as cargas se deslocarem em um único sentido. Nossa percepção se baseia na fala da aluna B: “Por isso que

diferenciou a pilha de mais e menos”. Para nós, a aluna acreditava que a carga saia de um dos pólos e ia para o outro. Nesse caminho ela passava pela lâmpada e a fazia acender. Não havia como, para elas, a carga fazer o circuito funcionar vindo no sentido contrário.

A pilha foi invertida e a lâmpada continuou acendendo.

E: Como vocês explicam?

B: Deve ter duas passagens.

E: Como assim duas passagens?

B: Dos dois lados não interfere.

E: Não importa de onde vier a corrente, a lâmpada vai acender?

A: É.

B: É.

E: Pode ser, eu não estou falando que é ou que não é.

A: É.

B: Deve ser.

As alunas não esperavam que a lâmpada acendesse com a inversão da polaridade da pilha. Mas isso não teve qualquer efeito e a lâmpada brilhou da mesma forma. Mas elas não conseguiam explicar porque isso acontecia. Apenas constatavam que a mudança feita no circuito não interferia no fato da lâmpada continuar acendendo. Neste trecho percebemos evidências de uma reação de **mudança de teoria**. Antes elas acreditavam que não acenderia, pois a passagem de carga se dava em um sentido. A frase “deve ter duas passagens” nos dá indícios de que aluna mudou seu pensamento acreditando, agora, que a corrente pode vir de qualquer lado que a lâmpada acende. Ou seja, o circuito simples ia funcionar qualquer que seja o sentido da corrente. Outra interpretação é que a aluna foi mais cautelosa e procurou deixar uma saída para ela explicar esse fenômeno, através da aceitação da observação de que a lâmpada brilhava independente da posição em que a pilha era conectada ao circuito. Essa foi a ideia que levou ao reconhecimento da lâmpada como um dispositivo em que circula alguma coisa, isto é, ela tem uma entrada e uma saída, mas sem polaridade, como a pilha. Não afirmamos que a partir desse momento essa ideia ficou evidente para a dupla, mas é uma observação da qual elas se lembrarão, com confiança. Percebemos isso analisando uma situação vivenciada por elas instantes depois, e que será relatada mais adiante. Com essa mudança elas conseguem explicar o funcionamento da lâmpada independente da polaridade da pilha. Mais uma vez, entre o dado anômalo e a conduta de reação não houve mediadores, caracterizando um processo AR.

E: Como eu posso fazer uma lâmpada brilhar mais? Agora eu posso usar várias coisas. Eu posso usar outras pilhas, eu posso trocar de lâmpada. Como eu posso fazer uma lâmpada brilhar mais?

Mais uma vez, ocorreu um diálogo mostrando confusão nos conceitos de carga e energia. Como elas não tinham ainda estudado circuitos elétricos formalmente, elas apenas inferiram que alguma coisa passava através do fio. Isso foi consequência da observação de que o contato da lâmpada com os pólos da pilha por meio de fios é que fazia a lâmpada acender. Em vista dos objetivos da atividade, achamos melhor não ensinar a elas, naquele momento, a distinção entre os dois conceitos, embora isso tenha retornado ao final da entrevista. Para as alunas, para uma lâmpada brilhar mais, temos que fornecer mais carga e mais energia. Elas afirmaram que os conceitos eram diferentes, mas os tratavam como sinônimos.

A: Coloca mais pilha.

E: Então coloca. Como eu faço para colocar mais pilha?

Elas escolheram colocar mais pilhas. A aluna B tentava associar as pilhas e a aluna A se assustou com a tentativa da colega.

A: O que é isso B?

B: Estou tentando.

Esta primeira tentativa foi colocar as pilhas em paralelo. Elas fizeram várias tentativas de associar as pilhas. O entrevistador ainda não tinha entregado a elas os suportes das pilhas e os fios com garras nas pontas, conhecidos como fios jacarés. Naquele momento ele distribuiu estes materiais e explicou como eles funcionam. Assim, elas tiveram mais liberdade para manusear o material.

Em seguida houve uma tentativa de ligação das pilhas feitas por B, acrescentando uma segunda pilha ao circuito. Ligando-as em série, isto é, pólo positivo de uma em contato com o pólo negativo da outra, aumentava a corrente elétrica no circuito e a lâmpada brilhava mais intensamente. Entretanto, a ação não deu o resultado esperado. Dessa tentativa seguiu-se o seguinte diálogo.

A: Para que você vai colocar outra pilha (perguntando para a colega B)?

B: Para dar mais energia para a pilha.

A: Ah, entendi. Mas não acendeu?!

B: Porque tem que encostar ela aqui, na lâmpada.

A: Não! Para que você está ligando nesse meio?

B: Não sei.

E: Boa pergunta e eu preciso saber desse por quê.

B: Não, tira essa pilha. Mas aí não vai...

E: Faz acender com uma pilha só, depois faz com duas. E agora? Colocou o fio e complicou...

B: Tem que por a lâmpada aqui. Mas é desse jeito, que é a mesma coisa que a gente estava fazendo.

A aluna B já queria mexer no circuito para associar as duas pilhas. Elas estavam com um pouco de dificuldade de manusear o material. Assim foi sugerido que ligassem o mesmo circuito simples que elas já tinham feito usando o suporte das pilhas e os fios jacarés.

B: Aí, acendeu.

Com uma pilha apenas o circuito funcionava corretamente. A seguir, elas passaram a tentar colocar a segunda pilha.

B: Tenta ligar isso aqui.

A: Para quê?

E: Boa pergunta, para quê?

B: Porque vai ligar essa pilha nessa e aí vai acender.

E: Então tenta.

A: Vai, liga aí.

E: Ih!

A expectativa era de que a lâmpada brilhasse mais, mas não estava acendendo, elas não estavam conseguindo fechar o circuito. Outro dado anômalo da atividade prática. As alunas tinham dificuldade de encostar a lâmpada na pilha, já que esta última estava no suporte. Apesar de falarem que o fio só transportava a carga, elas não se apropriaram do conhecimento e continuaram agindo com se a lâmpada tivesse que, necessariamente, estar em contato direto com a pilha.

B: Devia acender, não devia?

E: Como funciona uma lâmpada? Por que ela acende? Vamos voltar na primeira situação. Vamos voltar aqui. O que está acontecendo que está fazendo ela acender. Igual vocês estavam falando do circuito.

B: Agora ela acendeu.

E: O que está acontecendo que ela acendeu? Como está o processo aqui (na lâmpada) que faz essa lâmpada acender.

A: A carga... eu não sei. Eu acho que a carga positiva ela é atraída pelo pólo negativo...

E: Mas, por quê? Dentro da lâmpada, como é que a carga passa para acender a lâmpada?

Enquanto A e E conversavam, B fazia tentativas de acender a lâmpada. Para dar mais mobilidade às alunas, era importante que elas usassem os fios para ligar a lâmpada. Caso elas continuassem acreditando que seria necessário encostar a pilha na lâmpada para fazê-la funcionar, as atividades programadas na sequência ficariam comprometidas por dificuldade de manuseio do material. Assim sendo, o entrevistador iniciou um diálogo com as alunas para ajudá-las a entender o comportamento da corrente elétrica dentro da lâmpada e no resto do circuito. Era importante que elas percebessem a passagem da carga, ou seja, uma corrente fluindo no circuito, entrando (ou saindo) na base da lâmpada e saindo (ou entrando) pela sua lateral. Assim, aconteceu um diálogo no qual, ao final, as alunas mostram ter compreendido esse fluxo de cargas.

B: Ela (a carga) vai passar por dentro do fio da lâmpada.

E: Mas como é que ela vai passar dentro do fio da lâmpada?

B: Ela vai entrar.

E: Por onde?

B: Por baixo

E: Por baixo?

A: Não, por onde o fio encostar. Não?

B: Não, aqui é para voltar. Se você encostar aqui (em baixo) vai entrar por aqui.

E: Ele entra por onde?

B: Por aqui (aponta para a parte de baixo da lâmpada).

E: E vai sair por onde?

AB: Por aqui (pela lateral).

E: Então ela entrou aqui (baixo) saiu aqui (lateral) para voltar para a lâmpada?

B: Não. Ela entrou aqui (baixo), passou por dentro, transformou em energia luminosa, volta por outro lado, sai por aqui (lateral), transforma de novo e aí vai...

E: Entendi. Aí vai circulando. E como eu posso usar isso que a gente discutiu agora para montar duas lâmpadas, de maneira mais fácil. Sem ficar quebrando muito a cabeça.

A: Como que monta aqui?

B: Liga tudo de novo, do outro lado da lâmpada.

A: É a mesma coisa, só que...

Mesmo depois da discussão, ao retomar a montagem do circuito, as alunas tentavam encostar a lâmpada na pilha insistentemente. Então, outra abordagem foi feita utilizando o material que já estava disponível. O suporte das pilhas grandes e fios do tipo jacaré presos em cada terminal do suporte. Um dos fios estava sendo utilizado pelas alunas, mas não o segundo fio. Foi perguntado para elas qual a função do fio que estava solto. Depois do diálogo, elas não perceberam a função do fio. Dessa forma, foi passado mais um desafio experimental a elas: fazer a lâmpada brilhar utilizando a pilha e os dois fios.

E: E para que serve esse fio (fio jacaré que estava colocado nos terminais do suporte da pilha)?

A: É só se fosse emendar uma pilha nela.

E: Acende a lâmpada usando este fio. Como se faz?

Elas fizeram algumas tentativas equivocadas.

B: Ah não! É por que um entra e o outro sai.

A: Então é isso.

Finalmente, elas conseguiram ligar o circuito adequadamente.

E: Nós vimos na primeira parte que se a gente virar a pilha continuava a mesma coisa (brilho da lâmpada). E se virar a pilha agora, continua a mesma coisa?

A: Qual pilha?

E: Boa pergunta, qual pilha?

A: Não, mas aí se virar as duas...

E: Tem isso, se eu virar as duas pilhas e se eu virar uma só.

A: Se você virar as duas pilhas... se virar uma só... vira! Não vai dar.

E: Se eu virar as duas pilhas vai mudar alguma coisa?

AB: Não!

E: Não?

B: Não, depende. Se eu tirar isso aqui vai mudar. Se eu não tirar, não.

E: Então vamos virar as duas pilhas?

A: Pronto, agora você coloca isso aí.

E: Você já virou uma pilha.

A: Não, virei as duas.

E: Você só mexeu com uma!

A: Ah! é mesmo. Então, vai continuar a mesma coisa.

E: Continua?!

A: Tinha que continuar. Não, agora tem que virar a outra pilha.

E: Tem que virar a outra pilha? Então vira.

B: Tem que virar a outra forma de energia, não sei.

A: Tem que virar as duas.

E: Por quê?

A: Porque os negócios dos pólos...

E: Como assim os negócios dos pólos? Tudo é pólo.

A: Porque se eu só virasse essa aqui é o pólo...

B: Aqui é o pólo positivo e aqui é o negativo.

A: Esse é o pólo positivo, se eu só virasse... deixa eu ver. Se eu só virasse aquela, aqui ia sair do pólo positivo e entrar em um pólo positivo, não ia atrair. (Apontando para dos dois pólos positivos das duas pilhas como se uma estivesse ligando na outra.)

B: Aí os dois estariam passando o mesmo tipo de energia.

A: Iam repelir. Entendeu? Tem alguma coisa assim.

Este diálogo evidencia que a mudança na teoria foi significativa. No primeiro resultado experimental, elas apenas fizeram uma mudança periférica quanto ao sentido da corrente elétrica. No entanto, nesta inversão dos pólos da pilha no circuito simples dá indícios de que houve uma **mudança no núcleo central da teoria**. Elas foram categóricas em afirmar que se virassem as duas pilhas não mudaria nada no circuito e o resultado comprovou suas expectativas. No circuito com uma única pilha, elas já tinham sido surpreendidas com esta pergunta e tinham uma concepção equivocada do assunto.

Em seguida, a dupla recebeu soquetes de lâmpadas pequenas para facilitar o trabalho. O entrevistador salientou que havia dois contatos no soquete da lâmpada, um na base do soquete e outro na lateral.

Para criar maior assimilação com o material, foi pedido que elas ligassem uma única pilha usando o soquete, algo que elas já tinham feito com sucesso. Dessa forma, elas fizeram uma ligação simples de uma pilha e uma lâmpada. Em seguida foi apresentada uma nova tarefa a elas.

E: Então estamos entendidos que agora ficou mais fácil porque eu não preciso ficar segurando, apertando, é tudo naquela peça, certo? Agora eu quero ligar duas lâmpadas. Então coloca duas pilhas para ela brilhar melhor, para a gente enxergar. Como é que a gente conecta duas pilhas?

A aluna A fez questão de encaixar a pilha de acordo com a marcação de positivo e negativo que havia no suporte.

E: Faz diferença (o encaixe citado acima)?

A: Não sei. Essa aí liga no fiozinho.

B: Não é não, ele quer ligar duas lâmpadas.

E: Não, primeiro eu quero que vocês liguem duas pilhas, para ver se a ligação está certa. É assim mesmo?

A: Não.

E: Por que você virou esta pilha?

B: Porque pólo positivo com pólo positivo não ia funcionar.

E: Ah! agora eu enxerguei. Então agora nós vamos, eu tenho...

Elas fizeram algumas tentativas de acender as duas lâmpadas. Primeiro tentaram acender o circuito com uma lâmpada para depois acrescentar a segunda.

B: Aí, acendeu.

E: Certo. Acendeu?

A: Onde está a outra?

B: Aí você desconecta aqui...

A: Mas só com duas pilhas?

E: Só com duas pilhas. Vai ser suficiente?

B: Vai, com certeza.

A: Não acendeu não. Eu acho que é no meio das pilhas.

B: O que? A lâmpada?

A: É.

E: Primeiro, porque vocês fizeram assim?

Elas fizeram uma ligação em série das lâmpadas. No entanto, uma das lâmpadas tinha resistência elétrica muito baixa e praticamente não brilhava. A corrente que circulava por ambas as lâmpadas era a mesma, mas a potência e, portanto, o brilho, é dada pelo produto do quadrado da intensidade da corrente elétrica por uma grandeza característica de cada lâmpada, a resistência elétrica. Em um circuito em série, se uma das lâmpadas estiver queimada, todas as outras se apagam porque o circuito fica aberto e não há corrente circulando. Isto indica que, havendo uma lâmpada acesa, não havia problemas técnicos na montagem das alunas. Mas elas estavam enxergando como um resultado anômalo o fato de apenas uma lâmpada acender. Iniciou-se um longo processo para entender como as estudantes reagiam a esta anomalia.

Várias etapas foram vivenciadas entre a observação deste dado anômalo (somente uma lâmpada acendendo) e a conclusão da tarefa.

As figuras 4 e 5 mostram o circuito em série montado pelas alunas. Na figura 4, é apresentada uma visão geral do circuito, na figura 5 as duas lâmpadas em detalhe mostrando que em uma o brilho emitido é perceptível, na outra não. Para melhor compreensão da narração, chamaremos de X a lâmpada que acendeu e Y a que não acendeu, como também está indicado nas figuras 4 e 5.

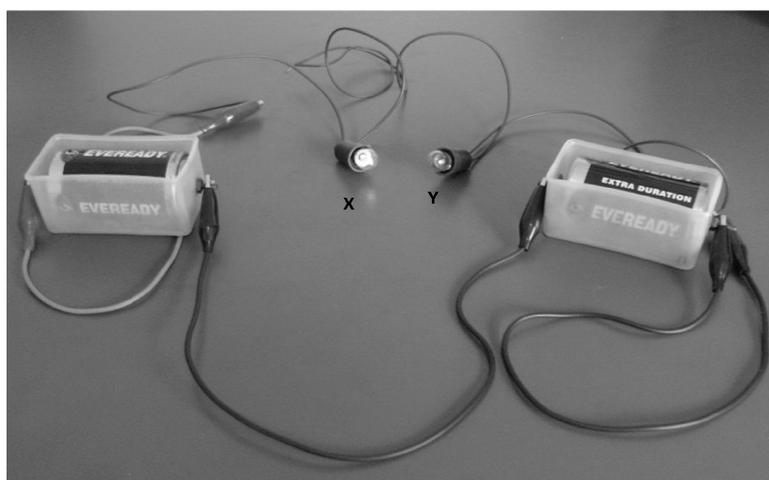


Figura 4 – Foto do circuito em série montado com uma lâmpada emitindo brilho e a outra, de baixa resistência, não emitindo brilho algum

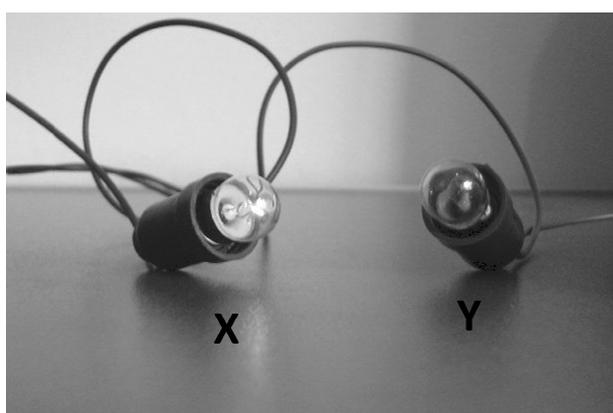


Figura 5 – Foto em detalhe das lâmpadas X e Y ligadas ao mesmo circuito em série

B: Ah, não! Sabe por que não ia dar certo? Porque senão não ia passar por aqui, ia ficar...

Expressões como a acima sinalizam que, possivelmente, as alunas tiveram uma reação de **mudança em suas teorias**. Elas estavam aceitando o dado como válido e fazendo ajustes

na teoria para adequá-lo. Como elas ainda não haviam concluído a tarefa, aquela era uma reação intermediária entre a observação do dado anômalo e a conduta de reação final, ao concluírem a tarefa. Portanto, ela era interna ao processo de mediação.

O que podemos perceber é que existiram pequenos ciclos de anomalia/reação, com ou sem a presença de mediadores, até que se concluíssem uma tarefa. Analisando este miniciclo, podemos perceber que não houve mediador para esta reação intermediária, isto é, as estudantes se envolveram em um procedimento AR.

A: No meio delas. Essa (pilha) vai para essa (lâmpada) e essa (outra pilha) vai dar para essa (outra lâmpada).

E: Deixe-me entender o que vocês estão fazendo. Primeiro, porque vocês montaram dessa forma? O que estava passando na cabeça de vocês?

B: Porque a gente pensou que ia passar aqui, ia entrar na lâmpada (X, a primeira logo após a pilha), ia voltar até a lâmpada de cá (Y, a segunda após a pilha – esta ordem foi pensada pela aluna). Se a gente fizesse isso ia ficar só em uma lâmpada (a X).

E: A corrente ia acabar gastando aqui (lâmpada X) e não sobrava nada para essa (lâmpada Y).

B: É. Não ia chegar carga suficiente para esta (lâmpada Y).

Pode-se inferir dessa fala o uso pelas alunas de uma concepção de que a corrente é consumida ao passar pela primeira lâmpada. Esta é uma concepção espontânea comum que os estudantes mostram nos primeiros contatos com o estudo formal de circuitos elétricos, mas que acabam abandonando durante a aprendizagem do funcionamento de circuitos elétricos simples.

E: Então agora o que vocês estão pensando em fazer para resolver isso?

B: Colocar uma lâmpada aqui...

E: Colocar a lâmpada entre duas lâmpadas.

A: Entre duas pilhas.

E: É, isso! Entre duas pilhas. Então vamos lá. Porque vocês acham que colocando entre as duas pilhas vai dar certo?

A: Porque assim, uma pilha iria brilhar esta (lâmpada) e a outra (pilha), a outra (lâmpada).

E: Entendi.

Elas pensavam em fazer o circuito funcionar intercalando pilhas e lâmpadas em sequência, o que parecia ser uma saída engenhosa. No entanto, somente a lâmpada X voltou a acender.

E: Acendeu (referindo-se à lâmpada X – como as lâmpadas estão intercaladas com as pilhas não faz sentido aqui falar em primeira e segunda lâmpada).

Mais uma vez, o fato de somente uma lâmpada acender (lâmpada X) contrariava suas expectativas, o que foi interpretado por elas como um dado anômalo.

A: Essa lâmpada deve estar mal enroscada.

Nesta situação achamos que a aluna **rejeitou o dado anômalo**. Para ela, a lâmpada tinha que ter acendido e como isso não ocorreu, o motivo devia estar relacionado ao material, ou à sua montagem. O dado não era reconhecido como válido e foi atribuído a alguma imperfeição experimental. Assim ela acreditava que ao alterar algum ponto da atividade o dado passava a ser “correto”, ou seja, dentro do esperado. Dessa forma, suas concepções permaneceram inalteradas, ou seja, com as lâmpadas intercaladas entre as pilhas, as duas deveriam acender. Mais uma vez, o procedimento adotado pelas alunas neste miniciclo foi um AR.

Diferentemente de Chinn e Brewer e também de Lin, a metodologia que usamos de estudo de caso permite avaliar com mais acuidade situações como esta, explicitando o raciocínio dos estudantes e as ações que tomam frente a situações inesperadas. Neste caso, temos indícios de um miniciclo de anomalia/reação interna a uma tarefa. Nos trabalhos de Chinn e Brewer não havia registro destes miniciclos internos a uma tarefa maior, embora eles já tivessem sugerido a possível existência destes ciclos. No trabalho de Lin, há registros de condutas de reação de estudantes intermediárias à realização de uma tarefa. Por exemplo, os alunos (no estudo do Lin) encontram um valor baixo para o ponto de fusão do ácido benzóico (anomalia). A primeira reação foi questionar a reprodutibilidade dos dados obtidos por eles e por cientistas em laboratórios mais avançados (incerteza sobre a validade dos dados – reação intermediária). Em seguida, repetiram a experiência (confirmação – mediador) e, finalmente, rejeitaram o dado.

Para nós, as alunas A e B tiveram um novo miniciclo dentro de uma tarefa maior. Quando elas propuseram testar a hipótese de colocar as lâmpadas intercaladas com as pilhas,

criaram a expectativa de que as duas lâmpadas acendessem. O fato da lâmpada Y não acender constituiu uma nova anomalia para elas. O mesmo dado, porém em um contexto diferente do anterior, pôde ser observado como uma nova anomalia. A partir dessa anomalia a reação das alunas, sem mediação alguma (AR), foi rejeitar o dado anômalo. Ou seja, a confirmação como mediador pode ser, como neste exemplo, um procedimento inteiro de AR.

E: Se você desenroscar a lâmpada, olha aqui! Desenrosca.

O entrevistador chamou a atenção para o fato de que ao desenroscar a lâmpada Y, a X se apaga.

B: Igual à de natal.

A: Ela (lâmpada Y) está queimada, olha!

Risos.

A aluna estava olhando para dentro da pequena lâmpada tentando enxergar alguma coisa lá dentro.

E: Pode ser. Tem outra lâmpada aqui se você quiser tentar.

A: Não é verdade, não.

Risos.

Mesmo assim elas trocaram a lâmpada por outra que será chamada de Z, de resistência elétrica maior.

B: Ela não está queimada não (olhando dentro da lâmpada).

A: Viu? Está queimada.

O que aconteceu foi que a lâmpada Y foi trocada por outra (Z) e esta nova lâmpada passou a emitir luz. A lâmpada X, que já emitia luz anteriormente, passou a brilhar pouco. Então no circuito em série havia as lâmpadas Z e X, como mostra a figura 6.

Embora a aluna A também tenha esboçado alguns risos, ela estava buscando alguma maneira de justificar o dado e, para isso, propôs um novo teste para confirmar sua hipótese. Mais uma vez interpretamos que ela **estava rejeitando o resultado inesperado**. Suas concepções pareciam estar muito arraigadas e ela não alterou sua maneira de pensar.

Novamente a confirmação (religar o circuito trocando a lâmpada Y por outra Z) foi o mediador para rejeitar o dado.

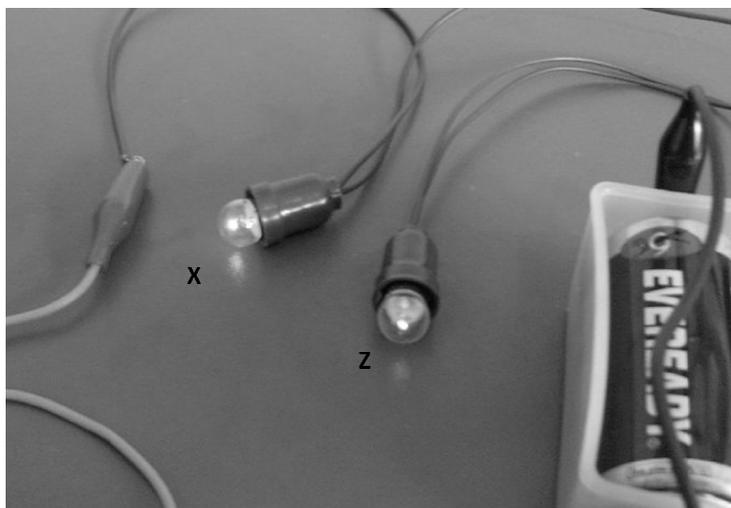


Figura 6 – Foto em detalhe da lâmpada X e a nova lâmpada Z, em substituição à Y, ambas emitindo certo brilho

E: E esta (se referindo à lâmpada X)?

A: Acendeu um pouquinho, mas acendeu. É porque aqui essa pilha é mais...

E: Mas, não era essa que brilhava muito (apontando para a X)?

A: Mas agora essa (Z) está recebendo mais energia.

E: Mas a lâmpada interfere na energia que ela recebe?

B: Não.

E: Porque você só trocou de lâmpada? Era essa lâmpada, não era?

A: Mas, aí tem aquela coisa na lâmpada também.

B: Que recebe 120...

A: É algo assim.

B: 120 volts.

A: Não, não é 120...

B: Eu sei. Volts é energia.

A: A lâmpada tem umas coisas diferentes, não tem?

B: Voltagem. Não, não é voltagem não.

Havia outras lâmpadas, sobre a mesa, que foram oferecidas como material para as alunas. Elas procuravam alguma referência da tensão e potência em várias dessas lâmpadas. No entanto, diferentemente das lâmpadas incandescentes comumente utilizadas em casas, as pequenas lâmpadas de lanterna que utilizamos têm apenas códigos que indicam a tensão elétrica a que devem ser ligadas. Elas não exibem informações sobre potência. Somado às

dificuldades decorrentes do pouco conhecimento conceitual, a falta de informações apenas contribuiu para aumentar sua insegurança. Nesse ponto o pesquisador entrevistou e solicitou que as alunas voltassem com as lâmpadas X e Y para o circuito. As alunas concordam que naquela situação tinha mais energia na lâmpada X. O pesquisador questionou às alunas sobre o que aconteceria se substituíssem a lâmpada Y pela Z.

B: Vai ter mais (energia) nessa daqui (apontando para a lâmpada Y, como se a Z estivesse lá.)

As alunas não precisaram fazer a troca da lâmpada Y pela Z para responder uma vez que tinham acabado de fazer tal atividade. Naquele momento, a discussão entre o pesquisador e as estudantes era um mediador importante no desenvolvimento da atividade. Este mediador de discussão, independentemente de ser entre pesquisador e estudantes ou intragrupo, não está ligado diretamente a uma conduta de reação, mas perpassa quase toda a atividade.

E: Por quê?

B: Boa pergunta.

A: Ah, porque deve estar ligado errado então!

Risos.

E: Deve estar ligado errado? Então, tenta consertar.

B: Não. Se tivesse ligado errado essa aqui não acenderia!

E: Uma coisa ligada errada é que não acende?

Essa pergunta buscou favorecer o entendimento de como as alunas pensavam sobre o que era ligado “certo” e “errado”. No caso de uma lâmpada não brilhar em um circuito em série, não quer dizer que o circuito está ligado de maneira “errada”. Pode acontecer da resistência da lâmpada ser muito baixa e a lâmpada não emitir brilho algum. Foi isso o que aconteceu nesta atividade.

B: Não exatamente, mas nesse caso é assim.

E: Quer tentar com essa lâmpada aqui?

Até então, uma lâmpada estava intocável no circuito, a lâmpada X. Neste momento, o pesquisador sugeriu que se trocasse esta lâmpada pela lâmpada Z. No entanto, a aluna B estava com duas lâmpadas na mão tentando encontrar os valores de tensão em potência da lâmpada. Ela estava com a lâmpada Z e outra que chamaremos de K.

A: Coloca essa lâmpada aí.

E: Qual delas?

B: As duas.

A: Tenta as duas.

B: Essa aqui é igual a essa (comparando as lâmpadas Z e K). Será que o material interfere?

As lâmpadas tinham a mesma aparência, mas eram tecnicamente diferentes. No entanto, havia uma nova hipótese sendo testada, a de que o material da lâmpada interfere no seu brilho. Neste procedimento houve discussão e confirmação como mediadores. Depois que a aluna afirmou que a lâmpada Y estava queimada, nenhuma nova anomalia apareceu para elas, ou seja, a mediação ocorreu sem a presença de um novo dado anômalo.

Embora elas tivessem rejeitado o dado, elas ainda procuram tentar entender por que a lâmpada Y não acendeu. Elas propuseram novos testes para confirmar a hipótese de a lâmpada estar queimada. Isso indica que, mesmo rejeitando, a princípio, o dado, elas não estavam seguras de suas conclusões. Elas questionaram a própria explicação que deram para o resultado anômalo. Por isso, acreditamos que elas apresentaram uma **incerteza sobre a interpretação dos dados**.

Até então, nesta tarefa, as alunas já haviam passado por várias etapas: mudança de concepções, rejeição ao dado anômalo (duas vezes), mediadores de confirmação e discussão e miniciclos de anomalia / reação intermediários ao processo.

B: As duas (referindo-se às duas lâmpadas que estão ligadas no circuito no momento, Z e K) estão brilhando igual. O final delas é de mesmo material.

E: Então, aqui são lâmpadas de um tipo e aqui são lâmpadas de outro tipo.

O entrevistador se referia às lâmpadas que estavam fora do circuito (X e Y) e as que estavam ligadas no momento no circuito (Z e K).

B: É! Dá para ver pelo final. O final das duas é prata.

Risos.

A: A cor não interfere.

B: Não interfere, é que o material é diferente. Elas recebem, elas armazenam de um jeito que essas outras não. Ou essas... (inaudível).

B: Se tentar colocar as duas aqui (voltar com as lâmpadas X e Y) vai ser igual, de novo.

As alunas resolveram trocar a lâmpada, mas não sabiam ainda porque uma delas continuava não acendendo. O problema que elas enfrentavam as estimulava a recorrer ao caso das lâmpadas de iluminação caseira. Quando uma delas não brilha, troca-se a lâmpada. Normalmente isso resolve o problema, porque as lâmpadas incandescentes disponíveis nas lojas são muito padronizadas, com tensão nominal de 120 ou 220 V e poucos valores de potência disponíveis. Em poucos casos é necessário chamar um electricista para resolvê-los. Naquela situação tínhamos lâmpadas com potências e tensões nominais variadas, e o acesso às informações sobre as características das lâmpadas requeriam atenção.

A: Eu acho que o problema é com aquela lâmpada (Y)!

E: O problema é com essa lâmpada aqui (Y)?

B: O problema é que a gente está fazendo errado.

E: Por quê?

B: Eu não sei ainda.

E: O que te leva a pensar que você está fazendo alguma coisa errada?

B: Porque ela não acende.

E: Porque ela não acende!

B: Quando uma lâmpada na minha casa não acende, eu troco. Aí ela volta a acender.

E: Ela volta acender ou é outra que acende?

B: A outra.

A: É.

E: Então...

A: O problema é a lâmpada.

Neste momento o entrevistador pegou outras lâmpadas que estavam guardadas para entregar às alunas. Seguiu-se uma discussão sobre as lâmpadas brilharem mais ou menos de acordo com os materiais de que são feitas. Para diferenciar as lâmpadas as alunas estavam se referindo à lâmpada dourada e prata, em referência à cor da parte metálica de ambas.

A: O problema é com a lâmpada.

E: Tudo bem, o problema é com a lâmpada?

B: Ela acendeu? Essa dourada? Viu? É a lâmpada.

A lâmpada dourada (lâmpada X) acendia quando colocada no circuito com a lâmpada Z ou K. Como a única que não acendia era a lâmpada Y, elas concluíram que a lâmpada Y tinha algum problema.

E: É a lâmpada?

B: É.

E: Então descarta essa lâmpada, ela já não nos serve mais. Vamos ver se esta dourada vai funcionar.

As alunas insistiram na afirmativa de que o material estava com algum defeito. Porém, elas não retomam a afirmação de que a lâmpada estava queimada. A partir do momento em que testaram dois pares de lâmpadas no circuito, X e Y em comparação com Z e K, elas passaram a afirmar que a lâmpada Y estava com problema, sem identificar qual. Dessa forma, elas descartavam este resultado inesperado, mas não apresentavam uma justificativa para descartá-lo. Na nossa interpretação, as alunas passaram a **ignorar aquele dado anômalo**. A lâmpada que “não funcionou” foi descartada e trocada por outra.

Depois que a lâmpada Y foi descartada da atividade, as três que ficaram X, Z e K foram colocadas pelas alunas no circuito de maneira a fazer três pares diferentes. Nos três testes as duas lâmpadas acenderam com brilhos levemente diferentes. O fato de as lâmpadas apresentarem brilhos diferentes não gerou nenhuma surpresa ou reação nas alunas. Parece que as alunas passaram a pensar que era suficiente que a lâmpada apresentasse qualquer brilho para o circuito estar “funcionando”. Essa era a ideia, uma vez que elas não receberam qualquer informação de que as lâmpadas eram iguais ou que deveriam apresentar o mesmo brilho.

O pesquisador questionou às alunas sobre o que acontece em um circuito elétrico com duas lâmpadas quando se tira uma delas.

E: (...) Bem, se eu tirar essa lâmpada daqui, o que acontece com a outra?

A: Apaga.

E: Por quê?

A: Porque o circuito não vai continuar. Não vai passar corrente.

B: Porque não vão passar as cargas para chegar...

É interessante perceber que as alunas chegaram à conclusão de que o circuito em série não funcionaria se houvesse uma lâmpada queimada nele. Talvez por isso, elas preferiram

ignorar o dado, já que não conseguiam encontrar uma justificativa para a lâmpada Y não acender.

Para a realização desta tarefa de ligar duas lâmpadas no circuito em série, acreditamos haver indícios que sugerem que as estudantes vivenciaram um procedimento AMR. Desde o momento em que a anomalia foi percebida pela primeira vez (lâmpada Y que não acende) até o instante em que elas ignoraram o dado anômalo, um processo rico e com múltiplos componentes de mediação aconteceu. Identificamos como componentes do processo de mediação, as discussões, as atividades de confirmação e as reações intermediárias. Porém, o que mais chamou a nossa atenção foram os miniciclos anomalia / reação. No interior de um mediador (no caso, a confirmação), outros pequenos ciclos com novas anomalias e condutas diferentes podem ocorrer. E, em cada pequeno ciclo, pode ou não haver novos mediadores num multiplicador sem fim. Algumas reações intermediárias que as alunas tiveram neste processo foram originadas deste miniciclo anomalia / reação.

O entrevistador optou por mudar o assunto para abordar um circuito paralelo, pois não via condições de explorar mais situações inesperadas geradoras de conflitos cognitivos. Naquele momento, ele julgou que os conteúdos que estavam sendo trabalhados estavam muito distantes dos conhecimentos expostos pelas alunas e, para o objetivo deste trabalho, as possíveis discussões sobre o tempo poderiam não ser tão frutíferas.

Seguiu-se um diálogo no qual o entrevistador levantou questionou as alunas para saber das alunas se elas já haviam visto uma lâmpada acesa e outra “queimada” e ambas ligadas à mesma tomada. Como exemplo, foram citadas as lâmpadas da própria sala onde estava sendo feita a entrevista. As alunas demonstraram saber que é possível ter uma lâmpada acesa e outra queimada no mesmo circuito.

Como elas já tinham tido um primeiro contato com eletricidade no colégio, elas não tiveram problemas em montar este circuito. Houve um princípio de indecisão sobre como montar, mas elas estavam se esforçando para lembrar o que tinham aprendido no ano anterior, e não construindo as concepções naquele momento, como pudemos observar em uma das falas das alunas.

A: É porque é assim... Eu estudei e a pilha... tem um circuito que é assim... tem várias lâmpadas, aí desenha uma lâmpada... eu lembro de algo assim. Tem alguma coisa assim?

O entrevistador solicitou que as alunas desenhassem, figura 7, antes de fazer a montagem que elas queriam. A partir do desenho elas foram para a atividade prática.

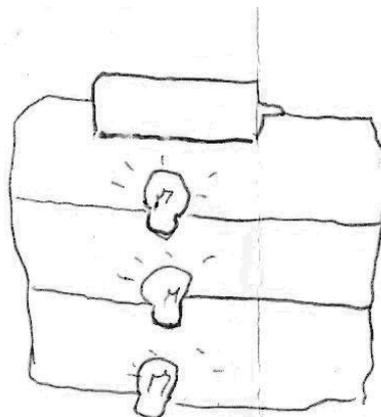


Figura 7 – Desenho feito pelas alunas mostrando a expectativa delas para o funcionamento de um circuito em paralelo

A figura mostra uma ligação em paralelo da forma como é normalmente apresentada em livros e/ou em sala pelo professor. Isso nos sugere que as alunas já tinham tido algum contato com o assunto, como foi dito anteriormente. Mas como se verá adiante, este contato que elas tiveram com o assunto eletricidade foi muito superficial, pois as concepções que elas demonstraram sobre o circuito em paralelo estavam em discordância com os conceitos cientificamente aceitos.

E: Monta o que você desenhcou.

B: Montar?

E: É. Faz as duas lâmpadas acenderem...

B: E se tirar uma, a outra não apagar.

A: Eu não sei se é assim.

E: Mas é uma perspectiva, não é?

B: Vamos usar só uma pilha.

A: Ah! É assim.

A estratégia usada pelas alunas foi de acender uma lâmpada e, em seguida, acrescentar em paralelo a segunda lâmpada.

A: Acho que não é assim não. Ahí...

E: Como é?

A: Acendeu um pouquinho.

E: Acendeu um pouquinho?! Porque agora você tem uma pilha só.

B: Tira uma. Tem que tirar uma para ver se vai ficar normal.

A: Ah!

A hipótese das alunas foi confirmada. Assim, seguiu-se um diálogo para entender as concepções das estudantes sobre o circuito paralelo.

E: Então, o que está acontecendo?

A: É o circuito.

B: Está dividindo a carga pelos dois...

A: É porque a carga quando veio aqui (nó do circuito em paralelo) dividiu para os dois igualmente.

E: Igualmente?

A: É.

As alunas demonstraram concepções de que a corrente se divide no nó de um circuito em paralelo. No entanto, elas acreditavam que, independente das características elétricas das lâmpadas, a corrente seria dividida igualmente nos dois ramos do circuito.

E: E se eu colocar duas lâmpadas diferentes? Vai dividir igualmente também?

B: Diferente como?

E: Nós não temos duas lâmpadas diferentes?

A: Não, as lâmpadas são diferentes, mas o que importa é a carga.

E: Então se eu tirar essa lâmpada daqui e colocar essa outra, muda alguma coisa?

B: Não.

A: A quantidade de energia que vai para a lâmpada não. Mas a lâmpada pode acender mais se ela precisar de mais energia.

A transcrição acima sugere que, para as alunas, as lâmpadas não interferiam na distribuição das cargas nas malhas do circuito paralelo. Há uma concepção, em especial da aluna A, de que a intensidade do brilho de uma lâmpada era uma característica inerente à lâmpada, “a lâmpada pode acender mais se *ela* precisar de mais energia”. Além disso, sempre existiria uma parcela igual da corrente (“carga”) para cada lado do circuito, independentemente dos elementos do circuito.

Vamos renomear as lâmpadas para ficar mais claro a explicação do que virá. Essa nova nomenclatura não tem relação com a nomenclatura anterior. A figura 8, mostra como ficou montado o circuito em paralelo, com duas lâmpadas emitindo certo brilho, e uma terceira lâmpada que será usada no circuito em um dado momento. Para esta foto foram usadas duas pilhas para que as lâmpadas brilhassem mais, permitindo registrar este comportamento na imagem. O circuito que as alunas trabalhavam tinha as mesmas características, porém com somente uma pilha.

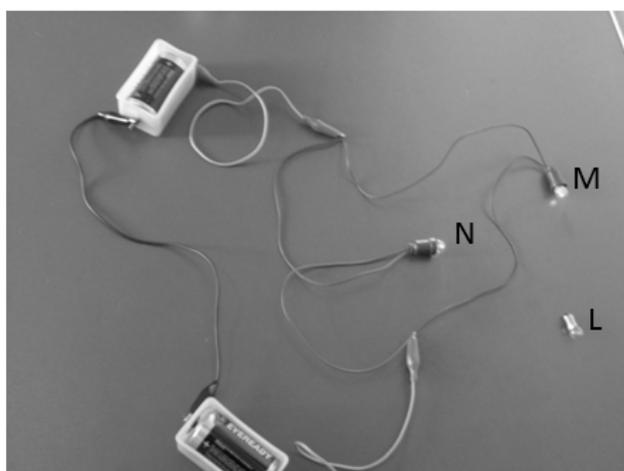


Figura 8 – Foto do circuito em paralelo montado pelas alunas com as duas lâmpadas (M e N) acesas e uma terceira (L) que será colocada no circuito

E: Se eu pegar essa lâmpada diferente (L) e colocar aqui (no lugar de uma lâmpada N). Essa (a lâmpada que já estava no circuito - M) vai manter o mesmo brilho?

AB: Vai.

E: E essa (L) vai passar a ter o mesmo brilho dessa (N)?

AB: Vai.

B: Uma não vai poder roubar da outra, não.

Esse diálogo reafirma a nossa interpretação anterior de que as alunas acreditavam que a intensidade do brilho das lâmpadas não dependeria das características físicas próprias das lâmpadas. Elas montaram o circuito e seguiram-se novas questões.

E: Têm exatamente o mesmo brilho?

B: Têm.

A: Parece que sim.

E: Parece que sim ou têm?

A: Têm...

B: Parece que essa aqui (M) perdeu um pouco quando ligou essa aqui.

A fala da aluna B se sobrepôs à fala da aluna A que interrompeu seu raciocínio. A aluna B percebeu um dado que não foi o questionado, mas pode ajudar a formar a compreensão delas. Durante a troca de lâmpadas houve uma oscilação da intensidade luminosa da lâmpada M.

E: Será? Eu vou desconectar. Olha. Conectei de novo, olha.

A: Ah, um pouquinho só.

E: Se eu fizer o contrário. Tirar essa (lâmpada M).

B: É, essa (L) brilhou mais.

E: Voltar com ela.

A figura 9 mostra um momento da discussão no qual a lâmpada N foi tirada do circuito, a lâmpada L foi colocada, mas ainda não está totalmente enroscada ao soquete.

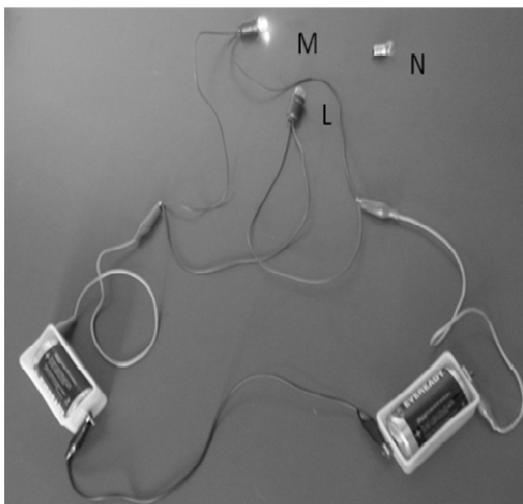


Figura 9 – Foto que mostra o circuito em paralelo com uma lâmpada desconectada, evidenciando o brilho mais intenso da lâmpada M

Pode-se observar na figura, comparativamente à figura 8, que a lâmpada M tem um brilho bem mais acentuado. Da mesma forma e pelo mesmo motivo que na figura 8, na montagem da figura 9 usamos duas pilhas, enquanto a montagem das alunas era com uma única pilha.

A oscilação do brilho da lâmpada M foi, para as alunas, um dado anômalo. Se uma lâmpada “não vai roubar a carga” da outra, como disse a aluna, elas não esperavam essa oscilação na intensidade da luz. A variação no brilho das lâmpadas pode ser creditada ao aumento da corrente fluindo através da pilha e à sua resistência interna, mas não se esperava que as alunas conseguissem explicar este ponto com conceitos consolidados pela Física.

B: É porque ela não tinha que dividir a carga dela com ninguém. Aí ela ficou brilhando mais.

E: Mas vocês não falaram agora há pouco que...

A: Não, mas olha só. Se você tira essa (L), a carga vai toda para essa (M). Só quando tem outra lâmpada para dividir a carga é que muda...

B: Mas pode ser que a carga vai vir daqui vai passar, vai dividir para cá e para cá (os dois ramos da ligação em paralelo). Quando você desconecta uma...

A: Ela não vai precisar dividir só vai nessa.

B: É, ela não vai...

Pelo que podemos perceber, apareceu uma **mudança periférica na teoria**, pois as alunas falavam que as cargas que passavam eram as mesmas e o que mudava era se tudo ia para uma lâmpada ou se dividia entre duas. Podemos inferir que ainda permanecia o núcleo central da teoria, ou seja, a corrente elétrica é constante independentemente dos elementos componentes do circuito. Essa crença de que a corrente independe do circuito foi primeiramente relatada em estudantes de escolas secundária na Inglaterra (SHIPSTONE, 1985). A ideia é que se houver uma única lâmpada, toda a corrente que circula através do circuito passa por ela. Se forem duas lâmpadas, a corrente irá se dividir entre elas. Mas essa ideia não inclui a possibilidade de que a corrente elétrica se altere com a mudança dos elementos do circuito. Para nós, a anomalia gerou, sem mediadores, a reação de mudança periférica da teoria em um processo AR.

E: Mas vai dividir meio a meio?

A: Deve ser.

Não há uma convicção de que a divisão seja meio a meio. Mas há uma expectativa de que seja dessa forma. Assim, parece-nos que naquele momento a aluna estava perdendo confiança na própria teoria e começando a questionar as próprias explicações para o comportamento do brilho da lâmpada no circuito em paralelo. Esta reação da aluna nos sugere

que ela **não tinha certeza sobre a interpretação dos dados**. Não está claro, para nós, o que gerou esta reação. No momento em que as lâmpadas N e L foram trocadas, a aluna A parece ter percebido algum dado inesperado. No entanto, a fala da aluna B, que a sobrepôs, não permitiu que ela comunicasse seu raciocínio. Ela já não apresentava segurança ao afirmar que a divisão da corrente era meio a meio. Parece-nos que a reação de incerteza quanto à interpretação daquela observação existiu, mas não podemos afirmar se esta reação é devida à presença de algum dado anômalo, que ela não expôs, ou se foi devida à discussão que se seguiu.

A seguir o entrevistador pediu que as alunas colocassem uma segunda pilha para que o brilho emitido fosse mais intenso e as diferenças perceptíveis. Durante a montagem a aluna B mostrou um cuidado especial com a ligação das pilhas.

B: Negativo no positivo e positivo com negativo.

E: O brilho é igual?

E: Se você olhar bem para o meio da lâmpada que é de onde sai a luz...

A: Essa brilha mais.

B: Eu acho que essa (diferente da colega) brilha mais.

E: Então vamos trocar, colocar uma perto da outra.

Cada uma das alunas afirmou que a lâmpada mais próxima de si brilhava mais. O entrevistador sugeriu que elas trocassem a posição das lâmpadas, para que elas pudessem ter o ponto de vista uma da outra. A aposta era de que a proximidade da lâmpada as estivesse influenciando ao avaliar qual lâmpada brilharia mais.

AB: Essa brilha mais (concordaram acerca de uma lâmpada brilhando mais).

E: Essa brilha mais?! Mas não era meio a meio?

B: Não, mas essa aqui, é porque... não sei.

A: Não é mais meio a meio.

E: Não é mais meio a meio! Divide mas não é a metade?

A: É o quanto a lâmpada precisa para...

E: Então vai depender de cada lâmpada?

B: Não, mas essa aqui não é igual a essa? É o dourado e o prata que influencia, eu estou falando. Essa aqui é mais amarela, a luz dela.

A: É porque... Não sei. Eu acho que...

E: A carga está dividindo.

AB: Sim.

E: Isso para vocês é claro?

AB: É.

A: Divide a carga.

E: Agora a pergunta. Elas dividem por igual?

AB: Não.

A: Porque uma está brilhando mais.

Agora as alunas já pensavam que as cargas, como elas diziam, não precisavam dividir por igual. Anteriormente, as alunas falavam que o fato de uma lâmpada brilhar mais do que a outra não dependia da quantidade de carga passando pela lâmpada: “A quantidade de energia (lembrando que as alunas estão tratando energia, corrente e carga como sinônimos) que vai para a lâmpada não muda ao trocarmos as lâmpadas de um circuito em paralelo. Mas a lâmpada pode brilhar mais se ela precisar de mais energia.” No entanto, elas usaram o fato de o brilho da lâmpada ser diferente para sustentar a afirmação de que a corrente se divide em um circuito em paralelo, mas não necessariamente por igual. Assim, nos parece que houve uma **mudança no núcleo de suas teorias**. No entanto, para este processo se dar, foram necessários mediadores como discussão e confirmação. O procedimento de reação pode ser classificado como AMR.

Até aquele momento, parecia que ambas tinham passado por um processo de **mudança no núcleo de suas teorias**. No entanto em uma discussão posterior, as alunas retomaram esta discussão. Novamente elas voltaram com a teoria de que correntes (“as cargas”) se dividem por igual no circuito independentemente das lâmpadas. Optamos por manter a nossa classificação de mudança do núcleo da teoria para aquele momento, pois foi o que ficou claro para nós nesta passagem².

A seguir, um novo problema foi apresentado. Foi solicitada uma previsão para o comportamento do circuito se as pilhas grandes, tipo D, utilizadas fossem substituídas por pilhas AAA menores.

E: Ok. E se eu tirar aquelas pilhas grandes e colocar duas pequenas?

B: Vai continuar ligando.

A: Vai, só que menor.

B: É.

E: Brilha menos?

² É bom lembrarmos que o objetivo do nosso trabalho não é averiguar se uma mudança conceitual é significativa e duradoura ao longo de um processo de aprendizagem, e sim entender como estudantes reagem frente a situações inesperadas.

B: Vai brilhar menos.

E: Então vamos tentar voltar com isso aqui e ver como vai funcionar.

A: Não!

E: Sim ou não? A pilha grande tem mais carga que a pilha pequena?

AB: Tem.

B: Senão ela não seria grande.

E: Boa. Quer colocar aqui?

Algumas tentativas para trocar as pilhas foram feitas, mas a lâmpada não estava acendendo. As alunas se descuidaram ao trocar as pilhas e as colocaram invertidas, ou seja, o pólo positivo de uma pilha ligado ao pólo positivo da outra. Isso gerou um dado anômalo. As lâmpadas não acenderam com as pilhas pequenas.

B: É o fio.

Apesar de os suportes das pilhas pequenas já virem com um fio para as ligações do circuito, elas justificaram o dado anômalo como sendo uma falha do material. Assim, nos parece que elas **rejeitaram o dado**, em um processo AR.

E: Eu estou achando que não é o fio. Será que é o fio?

A: Fala que é o fio...

E: Pode ser, pode ser o fio. Pode não ser também. Pode fazer isso...

Elas ligaram um fio com garra (jacaré) diretamente sobre a pilha, eliminando assim o fio do suporte da pilha. Elas ainda estavam testando a hipótese do problema estar no fio.

B: Vai dar no mesmo só que a gente vai descartar esse fio.

A: Só hipótese.

B: Aí, não é o fio.

Ao mesmo tempo em que rejeitaram o dado elas passaram a apresentar certa **incerteza sobre a interpretação desse dado**. Ao interpretar que a causa do dado inesperado era uma falha experimental e testar esta falha, elas mesmas questionaram a própria justificativa. A rejeição ao dado e a incerteza sobre a interpretação foram quase simultâneos e, para confirmar a hipótese, elas propuseram uma experiência (anular o fio do suporte). Ao perceber que a

lâmpada continuou sem acender, elas descartaram a justificativa para rejeitar o dado. Este procedimento AMR foi interessante por apresentar, em sequência quase simultânea, duas condutas de reação. Na ordem temos: anomalia – rejeição – incerteza sobre a interpretação – descarte da justificativa sem alterar suas concepções.

B: É porque não tem energia suficiente para acender as duas lâmpadas.

A: Lógico que tem.

B: As duas lâmpadas? Oh, as duas pilhas?

A: Aí, olhe. Estava...

B: Estava solta a lâmpada.

E: Então, agora encaixou.

A: Continua frouxa.

B: Aqui eu coloquei.

E: É porque não tem carga suficiente?

B: É.

A: Ah, já sei! Se a gente colocar...

B: E se colocar para os lados?

A: Tem que colocar assim.

B: A gente não vai acender as duas lâmpadas não.

Em uma discussão entre elas, a aluna B levantou a hipótese de as duas pilhas pequenas serem insuficientes para acender as duas lâmpadas. A aluna A descartou esta hipótese de imediato. Outra vez houve uma tentativa de rejeitar o dado quando a aluna afirmou que a lâmpada estava frouxa (mal enroscada ao soquete). Elas confirmaram a conexão e se asseguraram de que não havia erro na colocação das lâmpadas. Seguiram-se algumas tentativas de montagem do circuito.

B: Mas a gente está acendendo as duas lâmpadas?

E: Atenção! Atenção!

A: Ah! (decepção). Era para dar certo.

B: É o fio.

E: É o fio ou era para dar certo?

B: Tenho certeza que é o fio.

Mais uma vez, parecia que as alunas estavam **rejeitando o dado**. Enquanto não resolveram a questão, as alunas tiveram a mesma reação de rejeitar o dado, porém o

procedimento foi AMR, pois houve a ocorrência de mediadores neste processo. Tais mediadores fizeram as alunas confirmarem algumas hipóteses e ainda houve discussão interna entre elas e entre elas e o entrevistador.

A: Olha! As duas estão no meio das pilhas.

As alunas voltaram para uma ligação em série para tentar acender a lâmpada.

B: Eu estou falando que elas não têm carga suficiente para acender as duas lâmpadas.

A: E se ligar as duas assim.

A aluna B parecia rejeitar de todas as maneiras o dado anômalo. Ela estava propondo uma série de hipóteses diferentes para explicar a anomalia. Isso nos sugere que ela estava **incerta quanto a sua interpretação**. Na busca de uma justificativa para rejeitar o dado, a aluna mostrava insegurança sobre seus argumentos. A seguir, elas fizeram alterações nas posições das lâmpadas em um circuito ainda em série. Depois elas manusearam o material em várias tentativas de acender a lâmpada, alternando a posição das lâmpadas e o tipo de circuito montado, paralelo ou série.

No curso dessas mudanças de ligações de série para paralelo e vice-versa, elas acabaram ligando uma pilha à outra de maneira correta (elas estavam ligadas com polaridade invertida, de forma que o circuito não funcionava), mas sem perceber o que tinham feito.

E: E agora, porque está acendendo?

B: Porque agora ela quis.

E: O que você mudou que fez ela acender?

A: A gente mudou... a gente está da mesma forma, não?

B: Ah! os pólos. A gente mudou os pólos. É, foi isso. A gente mudou os pólos.

E: Foi isso?

AB: Foi.

Depois elas entenderam o que tinha acontecido e perceberam que estava de acordo com aquilo que esperavam que acontecesse, de forma que a anomalia desapareceu.

E: Então volta à pergunta inicial. Quando nós tiramos a pilha grande e colocamos a pequena, muda o brilho da lâmpada?

B: Não.

E: Por quê? Vocês não falaram que tem menos carga?

B: É.

A: Não.

B: Falamos.

E: Falaram que brilhava menos. Inclusive, quando não acendeu, falaram que não acendia porque a pequena não tinha carga suficiente.

A: Eu acho que é porque... não interfere se tem muita carga. Dá a mesma quantidade de carga que tinha na grande. Só que a pilha vai durar menos.

E: Como assim?

A: Vai durar menos.

E: Vai durar menos. É isso, B?

B: Não sei, não acho que é isso não.

A: Então o que você acha?

B: Eu não tenho uma opinião formada. Só que, porque a gente colocaria em um brinquedo. Porque ao invés de usar duas pilhas grandes a gente não pode usar duas pequenas? Porque daria no mesmo.

A: Não, é isso que eu estou falando. Aqui (pilha pequena) tem menos carga do que essa (grande).

B: Então porque essa ficou o mesmo brilho?

A: Mas essa (pequena) vai demorar menos tempo do que essa (grande).

B: Vai durar menos.

A: Porque essa tem mais carga.

B: Qual tem mais carga, a grande?

A: É. E essa tem menos (a pequena). Só que... (inaudível)

B: Você está falando de tempo?

A: Sim. Vai durar menos tempo, porque ela tem menos carga.

E: Menos carga ou menos tempo?

A: Essa tem menos carga, então vai ficar menos tempo.

B: É. Ela vai acabar mais rápido.

A aluna B mudou sua concepção a partir dos argumentos da aluna A. O dado anômalo corroborou a argumentação da aluna A uma vez que, com pilhas pequenas, a intensidade de brilho das lâmpadas não era diferente daquela observada no circuito com pilhas grandes. Aqui, foi necessário para a aluna B o mediador da discussão para que ele tivesse uma **mudança no núcleo de suas teorias**. Ela vivenciou um processo AMR, enquanto a aluna A apresentou uma concepção adequada para a diferença das pilhas pequenas e grandes e,

consequentemente, o dado (brilho da lâmpada invariável com o tamanho da pilha) não foi anômalo para ela.

A: É isso. É a única opção que a gente tem.

E: Então se eu colocar duas lâmpadas grandes ou duas pequenas, o que muda?

B: Não vai mudar nada. Só que o tempo que eles vão ficar acesas é que vai variar com o tamanho da pilha.

A: Não.

B: É sim.

A: Elas vão receber a mesma carga, só que vai brilhar menos.

B: Não. Ela tem a mesma carga. Com essas duas (pilhas pequenas), a lâmpada brilha o mesmo tanto que com as outras duas (pilhas grandes)?

E: Quer colocar duas pilhas grandes?

B: Não, não vai interferir.

A: Está bom assim.

As alunas já mostravam um pouco de cansaço com a prática. Ainda assim, resolveram fazer.

B: Não acende.

A: É o pólo, B. Não podemos esquecer.

B: Pronto. Brilharam o mesmo tanto que com as outras duas (pilhas).

E: Brilharam o mesmo tanto?

AB: Sim.

E: Mas vocês tinham falado que não é a mesma coisa?

B: A que falou isso. Eu tinha falado que o tempo que ela ia ficar acesa que vai...

E: mudar.

B: Por causa do tamanho da pilha.

A: Mas é isso que eu falei há um tempão. Não porque agora... vai...

B: É o fio. Dessa vez é o fio.

A aluna B estava correta. A lâmpada apagou porque o fio se soltou.

A: Porque o tempo que ela ia demorar, ela vai ficar mais tempo brilhando.

B: Então, acesa.

A: Não vai ser mais forte. Mas o tempo vai ser maior.

B: É isso.

E: Certo? É isso?

B: Mas...

A: É isso.

E: Com certeza?

B: Com certeza não, mas eu acho que é isso.

A aluna B mudou suas concepções, mas não estava segura quanto a isso. Isto nos sugere que, ao mesmo tempo em que houve uma **mudança na teoria** houve também uma **incerteza quanto à interpretação do dado**. Este foi outro procedimento AMR, com a discussão fazendo um papel importante na reação da aluna.

Em seguida começou um diálogo sobre o grau de certeza que as alunas tinham nas conclusões que elas tiraram da prática. No decurso do diálogo, surgiu mais uma dúvida sobre a divisão de cargas no circuito em paralelo. Elas resolvem voltar ao material.

A discussão inicial indica que as alunas ainda persistiam com a ideia de que, em um circuito paralelo, as cargas se dividem igualmente nos ramos do circuito paralelo. Assim, o brilho das duas lâmpadas dependeria de características intrínsecas de cada lâmpada. Porém, a corrente elétrica que passaria nas duas seria a mesma.

E: Mas lâmpada diferente, passa a mesma carga?

A: Passa.

B: Não passa. Se uma lâmpada for diferente da outra não vai passar a mesma carga que a outra.

A: Ah, entendi. Aqui está ligado nas duas. Aí a carga, aqui (intensidade do brilho) está igual para mim. Não?

B: Está igual, porque elas (lâmpadas) são iguais.

É interessante perceber que, quando a mesma questão foi retomada, as alunas mostraram que as concepções geradas anteriormente, sobre a divisão das cargas no circuito em paralelo, foram assimiladas em suas explicações e estavam sendo usadas novamente.

Em um novo diálogo as alunas tentam explicar, a partir de suas concepções, porque lâmpadas diferentes brilham de maneira diferente em um circuito. As alunas propuseram uma explicação com valores fictícios para as pilhas e as lâmpadas já que elas não sabiam os valores reais.

B: Por exemplo, elas (o conjunto de pilhas) fornecem 20 volts para as duas lâmpadas. Então essa que é de 20(V) vai brilhar o máximo que ela pode. Essa aqui é de 30(V)

vai brilhar um pouco menos. Se essa aqui for de 10(V) e elas mandarem 20(V), ela vai explodir.

A ideia da aluna era de que o brilho de uma lâmpada é máximo quando ela funciona sobre sua tensão nominal. No entanto, se uma lâmpada de tensão nominal maior estivesse submetida a uma tensão menor, como no exemplo sugerido pelas alunas, essa lâmpada brilharia menos. Ou seja, se as duas brilhassem o máximo possível para cada uma, a intensidade seria a mesma, como uma delas não estava sob sua tensão nominal, seu brilho seria mais fraco.

E: Então eu vou te falar. Essa aqui é de 3,8(V) e essa aqui é de 3,5(V). Qual brilha mais? Em alguma delas o brilho é tão intenso que te atrapalha a enxergar o filamento?

AB: Essa aqui (3,8V).

E: Na outra...

AB: É possível ver.

B: Então, essa aqui brilha mais (3,8V).

A: Ah, então é o que a gente acabou de falar.

E: Essa aqui tem 3,5(V) e essa aqui tem 3,8(V).

A: Então...

E: A de 3,5(V) brilha menos que a de 3,8(V). Mas vocês não falaram, agora há pouco, que a que tem menos voltagem brilha mais?

Aqui surgiu mais um dado anômalo, para as alunas. A lâmpada de tensão nominal maior estava brilhando mais.

A: Depende da voltagem que vem aqui.

A aluna ainda acreditava que uma lâmpada com especificação para tensão menor brilharia mais. Ela promoveu um ajuste da teoria para adequar o dado, sem, contudo, alterar o núcleo de suas concepções. Acreditamos que isso indica uma **mudança periférica da teoria**. Esta reação foi decorrente de um procedimento AR.

Uma longa discussão se seguiu sobre a tensão fornecida pelas pilhas e sobre se havia ou não uma divisão desta tensão nos ramos de um circuito paralelo. As duas alunas concordaram que duas pilhas de 1,5V cada e ligadas em série forneciam 3,0V ao circuito. A

aluna B achava que cada ramo do circuito em paralelo estava sujeito a 3,0V, enquanto a aluna A demonstrava acreditar que será 1,5V em cada ramo, como mostra o diálogo abaixo.

B: Acho que vai 3,0(V) para cada uma.

A: Porque vai 3,0(V) se você tem 1,5(V) e 1,5(V)? Não tem como.

B: Se você somar aqui vai dar 3,0(V).

A: Tinha que ser 6,0(V) então.

B: Presta atenção. Ele (o conjunto das pilhas) vai mandar 3,0(V). Essa aqui não é a mesma corrente, são fios diferentes as duas. Aí vai mandar 3,0(V) para um fio e 3,0(V) para o outro fio.

A: Mas como se só tem um?

B: Mas somando os dois aqui dá 3,0(V).

A: Ah sim, aí vai 3,0(V) para um fio e o outro fica sem nada. Acende do nada.

B: Vai 3,0(V) para os dois fios. Ela (a pilha) manda duas energias, 3,0(V) dessa para um fio e 3,0(V) para o outro fio.

A: Não, não acho.

Independente da crença de cada uma das alunas um fator comum foi levantado. A tensão em cada ramo do circuito paralelo era igual, 1,5V para a aluna A e 3,0V para a aluna B. Assim, o questionamento quanto ao dado anômalo pode continuar. O entrevistador conduziu o diálogo com as duas alunas solicitando que a aluna A pensasse ser 1,5V em cada ramo, e a aluna B em 3,0V em cada ramo. A partir daí ele retomou a discussão do dado anômalo, ou seja, a lâmpada de tensão nominal maior brilhar mais mesmo quando submetida a uma tensão menor.

E: Mas se chega a mesma coisa (tensão), porque uma brilha mais? Por causa da lâmpada?

B: É.

E: Uma é 3,8(V) e a outra 3,5(V).

B: A capacidade da lâmpada.

E: Então, é nela que esta capacidade. Independente do que chega é nela que está essa capacidade de brilho?

E: Eu vou tentar traduzir o que você falou A. Você disse que vem 1,5 para cada uma. Essa aqui é de 3,8(V) e essa outra é de 3,5(V). Certo?

A: Certo.

E: Chega 1,5(V) nas duas, mas a de 3,8(V) brilha mais porque ela é de 3,8(V). Mesmo chegando à mesma quantidade, como ela é feita para mais voltagem, ela vai brilhar mais. Estou certo?

A: Está.

E: Você concorda, B?

B: É, é isso.

E: Certo?

A: Sim.

Houve, depois de longa discussão, uma **mudança no núcleo central da teoria**. Neste caso, o procedimento AMR teve como mediador a discussão. Em momento algum elas retomaram ao material para tentar refazer a atividade. As discussões, a partir do dado anômalo, levaram as alunas a mudar suas concepções iniciais, ou seja, a de que a lâmpada de menor tensão vai brilhar mais. Vale lembrar que, quando o dado anômalo surgiu, a reação das alunas foi de adaptar a sua teoria ao novo dado fazendo uma mudança periférica em suas concepções.

Ao término da entrevista, o pesquisador desligou o gravador e retomou algumas passagens com as alunas. O objetivo era explicar para as alunas alguns conceitos, utilizados durante a atividade, e que apresentavam alguma divergência quanto aos conceitos aceitos pela Física. Nossa intenção era que as alunas não vissem na atividade um reforço às suas concepções alternativas. Durante a conversa elas tiraram algumas dúvidas que ainda persistiam, mesmo após a realização da atividade. Como as alunas já estavam cansadas, o que foi percebido durante a gravação, o diálogo foi breve e elas foram embora logo em seguida.

4.2 Estudo de caso 2

A entrevista com a segunda dupla foi realizada durante a tarde de um dia letivo em uma das salas de laboratório da escola. O pesquisador (E) e as duas estudantes (C e D) sentaram-se em torno de uma mesa. Um gravador de áudio foi posicionado próximo a elas e uma câmera de vídeo foi utilizada para registrar as ações e gestos que elas faziam enquanto realizavam as tarefas propostas.

A tarefa inicial das alunas era montar um circuito simples para acender uma lâmpada. Antes de a acenderem foi solicitado que elas desenhassem suas expectativas sobre o funcionamento do circuito. A figura 10 mostra o desenho feito por elas. As ligações da pilha à lâmpada indicam um circuito fechado que funcionaria. Além disso, o desenho identifica corretamente a polaridade da pilha, ao mesmo tempo em que não associa pólos à lâmpada.

O risco que aparece no meio da pilha foi feito em um momento posterior da atividade. O traço indica, na visão das alunas, que para fechar o circuito deveria haver algo como um fio

interno à pilha ligando os pólos negativo e positivo. Assim, depois de sair do positivo, passar na lâmpada e voltar para a pilha no pólo negativo, a carga poderia retornar ao ponto inicial através deste contato interno.

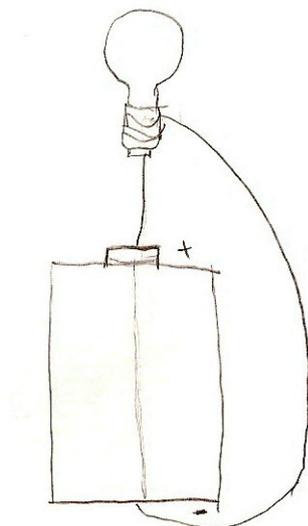


Figura 10 – Desenho feito pelas alunas indicando suas expectativas sobre como ligar uma lâmpada a uma pilha

D – Eu acho que sei.

E – Vocês têm lápis ou caneta? Eu vou deixar o papel aqui para vocês.

C – Primeiro eu tenho que olhar a potência.

E – Que potência?

C – Da pilha.

E – Por quê?

C – É a mesma coisa de eletricidade de uma casa. Não tem como você ligar uma coisa de 220(V) se a potência da casa é de 127(V).

E – Por que não?

C – Porque a potência da casa é menor e aí...

E – Então, se você quiser olhar a potência enquanto a D desenha.

O diálogo indica o uso incorreto do termo potência em lugar de tensão. Depois do desenho pronto, elas foram questionadas sobre como o circuito funcionava.

E – Essa é a maneira que vocês acham que funciona. Por quê?

C – Porque, um exemplo... É porque a carga é positiva e negativa. Ela anda de um lado para o outro, ela vai correr aqui e vai voltar.

E – Como é que ela vai correr aqui e vai voltar? Eu não estou entendendo essa interação dentro da lâmpada.

C – Eu não sei para que lado ela vai.

E – E dentro da lâmpada, como é que funciona?

C – A corrente vai vir, vai passar...

E – Pelo fio.

C – ...e vai chegar na lâmpada.

E – Correto. E a partir daí?

C – Vai acender a lâmpada.

E – O quê mais?

C – Mas você precisa do lado positivo e negativo.

E – Mas por quê?

C – Eu não sei.

E – Mas vai funcionar assim.

C – Vai.

As alunas demonstraram saber como ligar uma lâmpada usando a pilha. No entanto, o diálogo nos mostra que elas não sabiam o porquê de a lâmpada funcionar daquela forma, ou seja, elas tinham o conhecimento operacional da tarefa, mas não as concepções científicas sobre o assunto. Isso era esperado pelo fato de que tópicos de eletricidade só seriam estudados pelos alunos do terceiro ano na escola.

E – Porque ela vai chegar aqui. E volta ou não volta? É isso que eu não estou entendendo. Qual é a função desse fio aqui?

C – Eu acho que ela fica na lâmpada.

E – E dentro da lâmpada, o que acontece?

C – Eu só aprendi isso.

D – Eu entendi que, aqui (na pilha) é como se o fio viesse para cá. É como se tivesse uma ligação.

E – Ok, dentro pilha nós entendemos. E dentro da lâmpada?

C – Na lâmpada eu não sei. Dentro da lâmpada eu acho que ocorre o mesmo. Está vindo uma carga daqui e outra daqui (os pólos da pilha). Aqui elas se encontram e acende a lâmpada.

A aluna C parecia fazer referência à idéia, comum entre estudantes que ainda não estudaram circuitos elétricos, de que existem duas correntes ali. Cada uma delas fluiria a partir de cada pólo da lâmpada, onde elas se encontrariam e produziriam luz. Essa ideia provavelmente é derivada da noção de que existe eletricidade positiva e negativa, e da observação de que quando fios ligados em terminais diferentes de uma tomada ou fonte de

tensão se encostam, produz-se um curto-circuito. Quando isso acontece com a rede elétrica de uma residência observa-se a produção de faíscas e ruído forte. A aluna D entrevistou, propondo que existiria uma única corrente no circuito.

E – Ah! a carga está vindo dos dois lugares e aqui ela encontra e...

D – Ela só vai de um lado, não sai dos dois lados.

C – Mas ela está encontrando aqui.

D – Mas ela só sai daqui. Ou ela sai só daqui ou sai só daqui (apontando para os pólos opostos da pilha). Ela só corre de um lado. Ela não corre dos dois lados.

D – Esse material conduz a energia, não conduz?

E – Pode conduzir, eu não sei.

D – Se ele conduz...

Elas não sabiam explicar o que fazia a lâmpada acender. Mas concordaram que existia uma corrente que passava pelo circuito.

E – Agora, porque um fio do lado e outro embaixo (em referência às partes metálicas da lâmpada)?

D – Só me ensinaram acender assim. O porquê da lâmpada, não me ensinaram, não me explicaram.

E – Tudo bem, você aprendeu que tem que colocar um fio na lateral e outro em baixo da lâmpada. Por que não funciona os dois do lado, ou os dois embaixo? Se é que não funciona, porque a gente ainda não fez.

D – Não sei. Às vezes é porque um lado só recebe.

C – Acho que vai funcionar sim. Uma lâmpada pode encaixar, o fio dela está todo embaixo. Se viesse os dois para cá (apontando para a parte de baixo da lâmpada).

E – E se viesse os dois para o lado?

C – Ahí...

E – Então vamos começar a fazer. Primeiro, tentem do jeito que desenharam.

Como o que elas aprenderam foi um processo operacional, as hipóteses levantadas pelo entrevistador geraram certa confusão nas alunas. Ele sugeriu que elas fizessem a montagem que desenharam primeiro, para depois testar as novas hipóteses.

A aluna D parecia ter mais contato com o material do que a aluna C. Esta última mostrou-se insegura ao tocar os contatos dos fios e a colega percebeu e a alertou de que ela não tomaria choque.

D – Prende direito, coloca o dedo prendendo. Você não vai tomar choque não D. Prende aí.

C – Ligou com um fio do lado e outro embaixo.

E – Fio do lado e um fio embaixo. Acendeu. Certo.

O circuito foi montado corretamente e as alunas conseguiram acender a lâmpada sem a presença de situações inesperadas.

E – E aquela pergunta, e se colocar os fios do lado?

D – Acho que não vai acender.

E – Por quê?

D – Não sei, mas acho que não vai acender não.

E – C, vai acender se colocar os dois fios do lado?

C – Acho que vai acender pouco.

E – Por que acender pouco?

C – Porque não iria ter a mesma carga.

A aluna D estava fazendo uma montagem sem ter sido solicitada. Para não frear a vontade delas e diminuir o entusiasmo na atividade, o entrevistador as deixou livres para conduzir, em parte, o caminho da entrevista. Com isso, a ordem previamente pensada para a entrevista foi deixada de lado e o pesquisador optou por tentar adaptar a entrevista às alunas, e não o contrário. A aluna D demonstrava maior segurança em manusear os materiais e formular explicações do que outros estudantes que participaram do estudo, enquanto C parecia estar no mesmo nível dos outros. D tomou a iniciativa de acrescentar outra pilha ao circuito e fez a ligação corretamente.

E – O que você está fazendo? Eu preciso saber.

D – Vamos ver se eu aumento a potência para ver se brilha mais.

E – Mas aí você está colocando o quê?

D – Mais pilha. A gente está colocando a mesma coisa.

E – Só que com duas pilhas. Brilha mais? Você esperava que brilhasse mais mesmo?

D – Sim.

E – Por quê?

D – Porque a potência da pilha é maior.

E – A potência é maior?

D – Das duas juntas.

C – Das duas juntas, aí aumenta a potência...

As alunas montaram duas pilhas em série para aumentar o brilho da lâmpada. Como elas não manifestaram antes o que esperavam, demos crédito à sua afirmativa de que o resultado de um brilho mais intenso não era surpresa para elas. O manuseio do material estava, até então, bem fácil para elas, evidenciando certo domínio da situação.

E – O que é isso que você está chamando de potência? Só para eu entender. O que você está fazendo C?

C – Eu estou fazendo um teste.

D – As duas do lado.

E – Colocando as duas pontas do fio do lado da lâmpada. Eu preciso saber o que vocês estão fazendo.

Durante a montagem, a aluna C tomou um susto enquanto segurava os fios, que estavam juntos, com a mão e os encostava à lateral da lâmpada. Depois do susto ela imediatamente soltou o material sobre a mesa. A figura 11 mostra que a aluna segurou os fios de maneira que eles estivessem juntos, fazendo um curto circuito, na lateral da lâmpada.

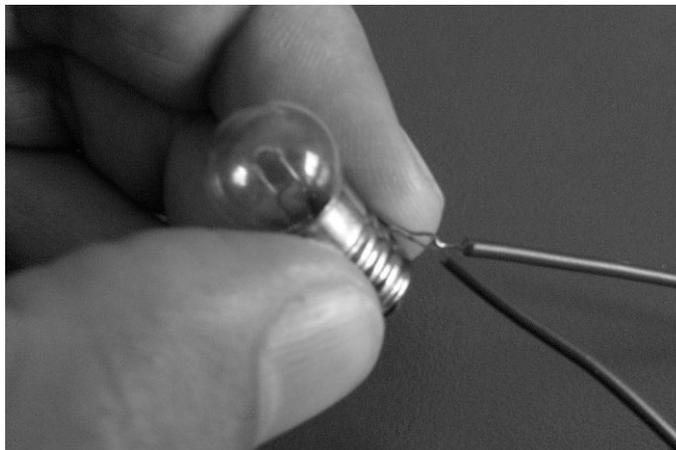


Figura 11 – Foto ilustrativa do curto circuito feito pela aluna C ao tentar acender a lâmpada colocando os dois fios na lateral da mesma

E – O que aconteceu?

C – Esquentou.

E – Esquentou?

D – Você é doida?

C – Estava quente, eu juro.

E – Esquentou?

C – Esquentou.

E – Por quê?

C – Coloca a mão, ainda está quente.

A aluna D colocou a mão, mas não percebeu nada. Elas tentaram, novamente, fazer a lâmpada acender colocando os fios na lateral da lâmpada, porém quem segurou os fios e a lâmpada, desta vez, foi a aluna D. No entanto, ela colocou os fios separados um do outro e ambos em contato com a lateral da lâmpada, como mostra a figura 12. A lâmpada não acendeu, como no caso anterior, mas o efeito de aquecimento foi pouco pronunciado e a aluna D não teve a mesma experiência de sua colega.

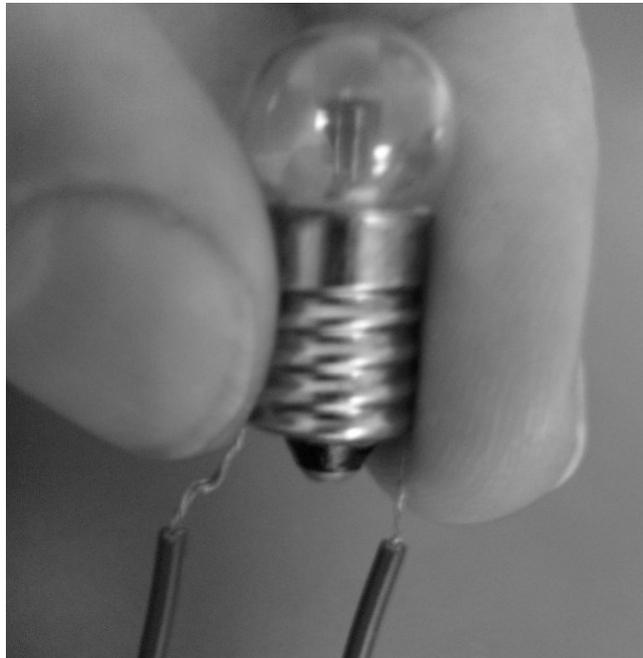


Figura 12 – Foto ilustrativa da tentativa feita pela aluna D para acender a lâmpada colocando os dois fios na lateral da mesma

Mais uma vez, a falta de informações, neste caso sobre o Efeito Joule, pareceu ser um desafio quase intransponível para as alunas. A aluna D não percebeu a anomalia e não acreditou no que a aluna C afirmou. Sendo assim, para ela não havia esta anomalia. Já para a aluna C, o dado anômalo existiu e era válido, mas ela não retomou o assunto preferindo **colocar o dado em suspensão**. A reação não gerou mudança conceitual e o procedimento adotado foi um AR.

E – O que está acontecendo gente?

C – Ali esquentou.

D – Não (referindo-se ao fato de não ter percebido nada).

C – Você não sentiu? Sou eu que estou... inaudível.

Após a fala da aluna C, seguiu-se um silêncio das alunas. Elas estavam em um impasse que não conseguiam desfazer. O efeito Joule é um fenômeno que, para ser entendido pelas alunas, necessitaria de uma explicação e isso não era o objetivo deste trabalho. Sendo assim, o entrevistador optou por mudar de assunto.

E – Não acendeu não?

C – Não.

E – Por quê?

C – Porque não tem a mesma carga. Igual eu falei, se tiver vindo daqui ela acende...

A aluna C achava que a lâmpada acenderia pouco, mas acenderia. Ela mudou sua afirmação. A própria teoria era a base para justificar o resultado inesperado, sendo assim suas concepções permaneceram inalteradas enquanto ela **reinterpretava o dado anômalo**. O procedimento foi, mais uma vez, AR.

D – A lâmpada tem positivo e negativo igual à pilha?

E – Não sei. É uma boa hipótese.

D – Se coloca esse fio (A) embaixo e esse (B) na lateral e depois colocar (A) na lateral e esse (B) embaixo vai dar a mesma coisa?

A aluna D propôs uma hipótese para o não funcionamento da lâmpada naquela situação. Segundo sua hipótese, a lâmpada teria pólos positivo e negativo, assim como a pilha. O fato de a lâmpada não ter acendido não é anômalo, já que ela tinha a expectativa de a lâmpada não acender. Mas, ainda assim, a aluna buscou uma explicação para o fenômeno. Em seguida, ela propôs um teste para a hipótese de a lâmpada ter pólo positivo e pólo negativo como a pilha.

E – Boa pergunta. Era o que eu ia te perguntar.

D – Eu acho que não. Se a hipótese é de a lâmpada ter um lado positivo e negativo, eu acho que não.

E – Que não acende?

D – Que não acende.

E – Por quê?

D – Porque um lado só vai receber carga positiva e o outro lado só vai receber carga negativa.

E – Então, se você inverter, não funciona.

D – Eu acho.

E – Então está bom, tenta inverter.

Elas fizeram a experiência, invertendo a posição dos fios nos contatos com a lâmpada.

D – Oh!

E – O que deu de “errado”?

D – Acendeu.

Para a aluna, o fato de a lâmpada acender foi, claramente, um resultado inesperado. Ela tinha uma concepção clara de que a lâmpada teria pólos positivo e negativo. Ela tinha, a partir desta concepção, a expectativa de a lâmpada não acender. A surpresa que ela teve com o resultado foi tão grande que sua reação espontânea ficou marcada no momento em que a lâmpada brilhou.

E – Como vocês explicam o que aconteceu?

C – Não com a mesma potência.

D – Está com a mesma potência.

C – Não. Ela não está totalmente acesa, olha aqui de baixo.

A aluna apontou para a parte de baixo do vidro que envolve a lâmpada. Com isso ela mostrou que não sabia qual era exatamente a origem da fonte de luz em uma lâmpada. Elas reinverteram os fios para ver se mudava a intensidade do brilho da lâmpada.

D – A mesma coisa.

D – A parte de cima (da pilha), positiva, na lateral e a parte de baixo (na lâmpada) na de baixo (na pilha).

A aluna D estava acompanhando o fio, com o dedo, para mostrar para a colega o caminho percorrido pela carga. Elas observam com atenção a intensidade do brilho.

D – Agora o contrário, a parte de baixo (da pilha) na lateral (da lâmpada) e a de cima (da pilha) na parte de baixo (da lâmpada). Ficou a mesma coisa.

C – Ainda acho que ficou mais fraco.

E – Primeiro vamos discutir porque funcionou. Vocês achavam que não. Depois a gente discute a questão da potência. Por que funcionou? Por que vocês acham que funcionou?

D – Porque circula uma corrente de eletricidade.

E – A lâmpada vai ter esse negócio de pólo positivo e pólo negativo igual à pilha?

D – Não.

E – Com certeza?

D – Sim.

E – Não foi uma coincidência não?

D – Acho que não.

Houve uma **mudança de concepção** da aluna D que antes acreditava que na lâmpada pudesse existir pólo positivo e negativo. Ela descartou essa hipótese e afirmou que circulava eletricidade pela lâmpada independente de qual pólo da pilha era ligado aos seus contatos. Ou seja, não havia os pólos positivos e negativos na lâmpada e os contatos dos fios na lateral da lâmpada e na parte de baixo, independente da ordem, geraria um circuito elétrico. Esta mudança de concepções não precisou de nenhum mediador para ocorrer, sendo assim o procedimento pode ser classificado como AR.

A aluna C estava tentando entender o funcionamento do circuito e, para isso, olhava e analisava a o circuito montado.

E – E a potência?

C – Eu acho que quando o negativo entra embaixo fica mais...

E – Por quê?

C – Pode ser por causa da posição que eu olhei. Porque eu olhei, a gente vira tem claridade... mas, eu ainda acho que fica mais baixo. O porquê eu não sei, mas eu acho que fica mais claro.

A aluna C não conseguia decidir se, para ela, havia ou não uma variação na intensidade do brilho da lâmpada ao virar o circuito. Neste momento, ela se fez alguns questionamentos sobre a validade da própria observação. Para ela, o contraste da luz ambiente com a luz emitida pela lâmpada, em diferentes posições, podia gerar observações diferentes. Ela demonstrou insegurança quanto à própria observação (brilho menos intenso). Durante

todo o tempo em que as alunas analisaram a suposta variação da intensidade luminosa, houve discussão e testes experimentais de suas hipóteses, dois mediadores do procedimento de reação AMR.

É interessante perceber que a reação demonstrada pela aluna de questionar a própria interpretação sobre a oscilação da intensidade luminosa da lâmpada ao inverter o circuito e os mediadores da atividade não foram originados de algum resultado inesperado que ela tivesse explicitado. Quando se começou a discutir a inversão dos fios na lâmpada, o conceito que estava sendo trabalhado era o de sentido das cargas em um circuito elétrico. Em momento algum se questionou, ou se solicitou, uma avaliação quanto à potência dissipada pela lâmpada na inversão do circuito. A questão da suposta variação da potência dissipada pela lâmpada foi originada de uma observação da aluna. O que nos parece é que a aluna achou o resultado curioso e buscou de uma explicação. As reações que ela apresentou se encaixam dentro das condutas que estamos usando para a análise deste trabalho. Neste contexto, a aluna apresentou **incerteza quanto à validade do dado anômalo**. Isto nos sugere que o processo de aprendizagem a partir de atividades experimentais pode apresentar as mesmas condutas de reação, ou semelhantes àsquelas, já catalogas, mesmo sem a presença conflitos cognitivos.

E – Você não tem uma hipótese sobre porque o brilho dela está mais baixo. Mas para você está mais baixo?

C – Está.

E – Então, para você, o lado que ela está ligada, ela funciona, mas funciona com potências diferentes. E você, D, concorda?

D – Para mim ficou igual.

E – Para você ficou igual.

Enquanto conversavam, elas estavam manuseando o material tentando fazer a lâmpada acender novamente. Por algum motivo, ela não acendeu, o que foi algo inesperado para elas.

D – Oh! não acendeu?

C – Está direitinho, encaixadinho.

E – O que está acontecendo. Para de funcionar e você troca o fio? Por quê?

No momento em que a lâmpada parou de funcionar, a primeira reação das estudantes foi questionar a montagem. Acreditamos que, com isso, elas estavam **rejeitando o dado**

anômalo e atribuindo a falha da atividade à montagem do experimento em um procedimento AR.

D – Não sei, a ponta do fio...

A aluna estava questionando que, talvez, a ponta do fio desencapado estivesse comprometida e por isso o contato com a lâmpada não estivesse sendo feito.

E – Estava funcionando antes, não estava?

C – Oh! Funcionou.

O que ocorreu foi realmente uma pequena falha experimental³.

C – A potência foi baixa.

E – Fica mais baixa?

C – Para mim fica.

E – Para mim não tem certo e errado, eu quero saber o que vocês pensam. E aí D, e para você?

D – Para mim não.

E – Para mim isso (estar certo ou errado) é totalmente irrelevante no momento, depois a gente discute o que é e o que não é.

Como as alunas chegaram a um impasse e não conseguiam avançar, o entrevistador optou por deixar esta questão de lado e dar sequência à entrevista. Para ele, naquele momento, as alunas chegaram ao limite de sua compreensão e do levantamento de hipóteses com as concepções que elas tinham naquela ocasião.

Na sequência, o pesquisador mostrou às alunas um soquete de lâmpada e explicou o funcionamento deste material mostrando, inclusive, que o soquete já tem fios soldados gerando um contato pela lateral e outro pela base da lâmpada. O uso do soquete torna a forma de ligar os fios à lâmpada mais obscura (como se fosse uma caixa preta), mas por outro lado facilita muito a montagem dos circuitos. Sendo assim, outras atividades, que exigiram que uma quantidade maior de componentes fossem manuseados, puderam ser propostas.

³ Para nossa análise não interessa se houve, ou não, falha do material, como neste caso. Não é importante o fator que tenha gerado a anomalia, mas a reação das estudantes.

E – Então como eu poderia fazer uma lâmpada acender usando aquele material ali? Agora ficou mais fácil, vocês não vão precisar ficar segurando a lâmpada.

C – Posso colocar?

E – Pode.

E – É mais fácil? Dá mais mobilidade?

Depois que elas conseguiram ligar a lâmpada foi-lhes entregue os suportes das pilhas para que elas pudessem ter mais facilidade ainda no manuseio do material. À medida que o material ia sendo passado, elas remontavam o circuito para fazer uma lâmpada acender. Por opção das alunas, cada uma montou um circuito simples usando o material disponível. Ambas usaram a pilha grande. A aluna D montou o circuito e para ela não havia problemas.

C – Está baixo (brilho emitido pela lâmpada).

E – Está baixo?

A aluna resolveu trocar a lâmpada. Esta atitude nos sugere que, para ela, havia um dado anômalo. Ela estava esperando um brilho mais intenso e, como isso não aconteceu, ela resolveu trocar parte do material. A tarefa naquele momento era apenas fazer a lâmpada brilhar usando o material disponível. A aluna conseguiu realizar o que foi proposto, mas ela ainda não parecia contente, como se houvesse algum problema.

E – Está trocando a lâmpada?

C – Sim.

E – Para que?

C – Pode ser a lâmpada, que está baixo.

C – Aí! É a lâmpada.

A lâmpada passou a emitir um brilho bem mais intenso.

E – Tem lâmpada que brilha mais e lâmpada que brilha menos?

C – É, isso acontece quando ela está queimando.

E – Queimando?! Quando ela está queimando ela brilha menos?

C – Nem dá para passar maquiagem.

E – Nem dá para passar maquiagem no banheiro quando a lâmpada está queimando? Por quê?

C – Porque não vai ter iluminação suficiente, se for de noite.

E – Quando ela está queimando ela brilha menos?

C – É o que eu já percebi, quando a lâmpada está velha. O porquê eu não sei.

Pela sequência do diálogo com a aluna, pudemos inferir que, ao se deparar com a anomalia da baixa intensidade luminosa, ela **rejeitou o dado anômalo**. Em um primeiro momento, ela descartou a lâmpada e a trocou por outra. Até aquele instante, ela não havia se manifestado quanto à validade do dado e nem tentado justificá-lo. Porém, quando a segunda lâmpada brilhou mais, ela apresentou uma justificativa para o dado anômalo, utilizando-se de uma analogia com suas experiências próprias, e o considerou válido de acordo com suas expectativas. No entanto, para rejeitar o dado, ela precisou fazer um teste que confirmasse suas hipóteses. Portanto, o procedimento adotado por ela foi um AMR.

E – Ok, vocês viraram, naquela hora, os fios na lâmpada, não é? E se a gente virar a pilha? Antes de fazer, primeiro eu quero saber se muda alguma coisa. Se ela vai brilhar mais, menos, o mesmo tanto ou se ela para de brilhar. A lâmpada está aí ligada, a gente fez agora há pouco...

D – Pode trocar?

E – Pode.

A aluna queria trocar a lâmpada para ter uma intensidade maior no brilho da lâmpada. Para ela isso não era um problema, seu desejo era ter maior nitidez nas observações. No entanto, a lâmpada não acendeu.

D – Está queimada.

E – Está queimada?

D – Está sem fio (filamento da lâmpada). Ou eu não estou enxergando?

E – Mas está sem fio é estar queimada?

D – A lá de casa se está sem fio é porque está queimada.

D – Acendeu. Eu é que não tinha visto o fio.

A aluna percebeu, pouco tempo depois, que, ao trocar a lâmpada, ela tinha a enroscado mal no soquete e ela não acendeu. Porém, até que ela percebesse isso, ela se deparou com um dado anômalo. Sua primeira reação nos pareceu a de **rejeitar o dado anômalo**. Ao fazer isso, ela justificou falando que não havia filamento na lâmpada e, por isso, ela estaria queimada. Em seguida, ela apresentou uma **incerteza quanto à sua própria interpretação** – “Ou eu não estou enxergando?”. Mais uma vez uma analogia foi usada para justificar a interpretação

das alunas. Ela comparou a situação vivenciada naquele momento com experiências da sua casa. O procedimento adotado foi um AMR, pois entre a anomalia e a incerteza quanto á própria interpretação, houve um mediador, chamado por Lin (2007) de conduta de reação intermediária.

E – Ok, mas lembra quando vocês estavam tentando mexer com o fio e vocês falaram ‘vou tirar o fio da lateral da lâmpada e colocar em baixo, o de baixo na lateral’. Se eu inverter, ao invés de mexer com os fios lá (na lâmpada) eu mexer com os fios na pilha.

CD – Não vai funcionar não.

E – A lâmpada não vai funcionar. Vamos fazer com uma montagem só.

A seguir foi solicitado que as alunas descartassem uma montagem, à escolha delas já que ambas eram iguais, para concentrar a atenção e a discussão em torno de uma única atividade.

E – Vocês acham que se inverter a pilha não funciona.

D – Acho que não.

E – Por que não vai funcionar?

D – Não sei...

C – Por causa da carga, uma positiva e a outra negativa?

D – Se bem que naquela hora funcionou, não é?

E – Como assim, quando funcionou?

D – Na hora que a gente trocou o fio de lugar.

E – Naquela hora vocês trocaram o fio, agora a gente vai trocar a pilha. É diferente?

C – Acho que não.

As alunas inverteram a pilha para verificar se a lâmpada continuaria acendendo.

E – E agora?

C – Funcionou.

E – Da mesma forma?

C – Sim.

E – Mas não tinha aquela história de pólo positivo e pólo negativo.

D – A lâmpada não tem.

E – A lâmpada não tem, mas a pilha tem.

D – Tem, mas ela estava correndo assim (aponta com o dedo simulando o movimento das cargas em um sentido) e agora ela está correndo assim (novamente ela simula

com o dedo o movimento das cargas, mas agora no sentido contrário ao que anteriormente havia feito).

E – E faz diferença pro lado que ela corre?

D – Não.

E – Não?

D – Eu acho que não.

C – Eu acredito que não, também.

Essa resposta nos sugere que, devido ao resultado anterior, a aluna convenceu-se de que a lâmpada não tinha pólos positivo e negativo. Assim, acreditamos que a aluna apresentou uma **mudança no núcleo de sua teoria**, passando por um procedimento AMR, e se convencendo de que não fazia diferença o sentido da corrente para o funcionamento da lâmpada.

E – Agora nós vamos fazer o seguinte, nós vamos colocar duas lâmpadas na mesma pilha. Como?

C – Usando isso aqui (referindo ao material da montagem que foi desligada anteriormente)?

E – Pode usar o que você quiser.

D – Não! São duas lâmpadas na mesma pilha e não duas pilhas na mesma lâmpada.

A aluna C tinha feito uma ligação com duas pilhas em série e que tinha feito a lâmpada brilhar muito mais. A aluna D, de imediato, percebeu e falou com a colega.

C – Mas olha, aumentou!

D – É lógico que ia aumentar.

E – Por quê?

As alunas estavam muito concentradas na montagem que não deram atenção à pergunta do entrevistador. Como elas já tinham feito essa ligação no início da atividade sem problemas, ele deixou de lado a questão e optou por aproveitar o envolvimento das alunas com a montagem.

E – Duas pilhas na mesma lâmpada eu vi a D fazendo bem no início. O que vocês estão fazendo, eu quero ver.

D – Duas lâmpadas aqui...

E – Pilha, vai em uma lâmpada, vai na outra (acompanhando o circuito com as alunas). Eu quero que você desenhe isso para mim. Antes de continuarmos, eu quero que você desenhe para mim.

A figura 13 mostra o desenho feito pelas alunas de um circuito para fazer funcionar duas lâmpadas. O desenho indica corretamente as ligações de duas lâmpadas em série a uma pilha e inclui detalhes não usuais como as garras nas extremidades dos fios e a pilha colocada dentro do suporte.

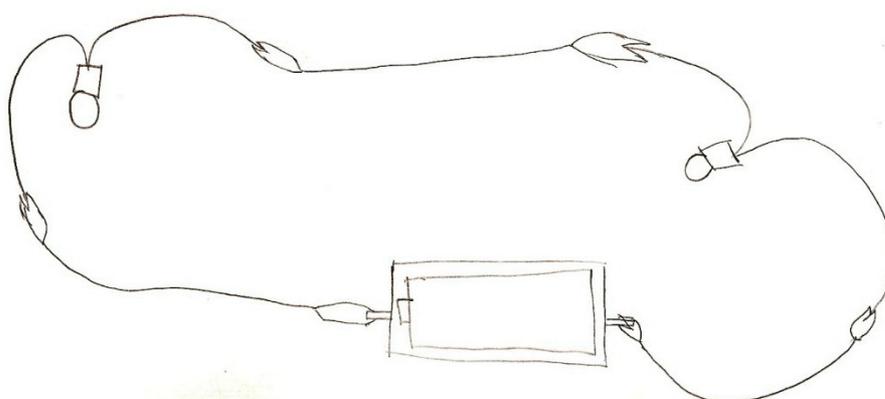


Figura 13 – Desenho feito pelas alunas indicando suas expectativas sobre como ligar duas lâmpadas a uma pilha

E – Assim as duas lâmpadas vão funcionar?

D – Eu acho.

E – Por quê?

D – Porque se a corrente entra aqui (apontando para um dos lados da primeira lâmpada no desenho que ela fez) e sai de novo (apontando para o outro lado da mesma lâmpada) ela vai para essa (a segunda lâmpada) que passa de novo.

E – Concorda (para a aluna C)?

C – Concordo. Igual pisca-pisca de natal.

E – Igual pisca-pisca de natal! E elas vão brilhar de maneira igual?

D – As duas vão, mas pouco.

E – Todas duas com brilho fraco, mas todas duas vão brilhar de maneira igual. É isso?

D – É.

E – Ok, agora sim, vamos ver se funciona.

C – Fraco.

E – Como é que a gente faz para aumentar o brilho delas?

D – Coloca outra pilha.

E – Então vamos colocar? Só para poder ter um brilho maior e ficar mais nítido.

Durante a montagem com a segunda pilha, as alunas tiveram um pouco de dificuldade. A princípio as lâmpadas não acendiam. As pilhas estavam ligadas em oposição uma à outra. A primeira reação das alunas foi retirar uma pilha e tentar acender o circuito com uma única pilha. Acreditamos que, mais uma vez, elas optaram por **rejeitar o dado** enquanto faziam outro teste esperando que a resposta as ajudasse a resolver o problema. Ao fazer a experiência e constatar que a lâmpada estava funcionando adequadamente, elas revisaram a sua montagem. Perceberam, então que as pilhas estavam ligadas em oposição como pudemos perceber pela fala da aluna D.

D – Estava ligado errado. Positivo com positivo e negativo com negativo.

Não houve mudança conceitual, pois o resultado anômalo era devido a um erro de montagem do experimento. Porém, para chegar a essa conclusão e rejeitar o dado anômalo, elas fizeram uma nova experiência para confirmar a hipótese que tinham em mente. Dessa forma, o procedimento adotado foi um AMR.

E – Elas estão brilhando igual?

D – Estão.

E – E se eu inverter as pilhas? Vai brilhar o mesmo tanto?

D – Vai continuar.

C – Acho que vai.

E – Então inverte, vamos lá.

E – Brilhou igual?

CD – Brilhou.

As alunas estavam com lâmpadas idênticas ligadas em um circuito em série.

E – E se eu trocar uma lâmpada? Você me mostrou essa lâmpada amarela aqui e falou que ela é mais fraca, não é?

C – Sim.

E – E se eu tirar uma dessas aqui (que estão no circuito) e colocar essa outra, o que vai acontecer?

C – Elas vão continuar a mesma coisa. Essa (a que já estava no circuito) vai ficar mais forte e essa (a que será colocada) vai ficar mais fraca.

E – Vai brilhar menos? Sim ou não? (questionando a posição da aluna D)

D – Não sei, depende de porque que vai causar... (inaudível)

E – Antes de você tirar. Vamos pensar primeiro.

D – Se for por causa de potência essa vai ficar mais fraca (a que será colocada no circuito) e a outra (a que já estava no circuito) vai ficar mais forte.

E – E tem outra hipótese?

D – Acho que não.

E – Então a expectativa é que essa aqui (a que será colocada no circuito) brilhe menos e a outra vai continuar brilhando o mesmo tanto que já brilha ou vai brilhar um pouco a mais?

D – Acho que ela vai brilhar mais.

C – Eu acho que não porque o problema é na lâmpada.

E – Então essa aqui (a que já estava no circuito) não mudaria. Porque você acha que vai brilhar mais (pergunta direta para a aluna D)?

D – Porque vai diminuir a potência de uma e vai aumentar na outra.

C – Mas a potência vai passar do mesmo jeito.

D – Mas ela vai pegar pouco, a outra vai pegar o resto.

C – Não, mas o problema é nela.

D – Então!

C – O problema é nela, o problema é “pessoal” dela.

E – Você (aluna D) está olhando com aquela cara de “eu ainda acho que ela vai brilhar mais”.

D – Eu acho que vai aumentar o brilho dessa aqui (a que fica no circuito).

E – Então vamos trocar a lâmpada, mas antes eu quero tentar resumir o que conversamos. Então para a D, essa aqui (a que está sendo colocada no circuito) vai brilhar menos e essa outra (a que já estava no circuito) vai brilhar mais do que antes. E para C essa primeira vai brilhar menos e a outra vai brilhar o mesmo que já estava brilhando.

As alunas apresentam concepções diferentes. Para aluna D, a potência entregue pela pilha ao circuito deve ser usada integralmente no circuito. Na linguagem que elas se expressaram, se uma lâmpada é mais fraca, a outra vai brilhar mais porque vai sobrar mais potência para ela. Já para a aluna C, o brilho da lâmpada era inerente à própria lâmpada. Em um circuito com duas lâmpadas, não haveria mudança de intensidade luminosa de uma quando se trocasse a outra.

D – Aí! Está brilhando mais.

C – Não, a mesma coisa.

As alunas entraram em uma discussão sobre se a lâmpada que já estava no circuito passou a brilhar mais ou brilhava com a mesma intensidade. A primeira reação das alunas foi,

cada uma por si tentar confirmar suas próprias expectativas. Elas fizeram algumas trocas de lâmpadas e ainda assim não chegaram a uma conclusão. A aluna C insistia em afirmar que a lâmpada estava brilhando o mesmo tanto que antes. No entanto, houve uma alteração visível no brilho da lâmpada e isso nos sugere que ela estava **ignorando o dado anômalo**. O fato de elas trocarem as lâmpadas do circuito repetindo a experiência caracteriza o procedimento como AMR.

E – Cada uma está tendo uma percepção, mas não tem problema. Mas, elas (as lâmpadas que agora estão no circuito, uma com brilho intenso e a outra mais fraca) têm brilhos diferentes, não têm?

CD – Sim.

E – Está claro que elas têm brilhos diferentes. E se eu inverter o circuito?

D – Para mim vai continuar a mesma coisa?

E – Essa aqui vai continuar brilhando menos?

D – Eu acho que sim.

E – Por quê?

D – Porque não vai mudar nada, vai mudar é o sentido do circuito.

E – Então passa primeiro em uma lâmpada e depois na outra?

D – É.

E – Mas, independente de passar primeiro em uma e depois na outra, o brilho não muda.

D – O brilho vai ser o mesmo.

C – É, acho que sim.

E – Com certeza?

C – Igual naquela hora.

A aluna estava se referindo ao momento em que foi pedido a elas que invertessem o circuito com duas lâmpadas idênticas. Ou seja, a intensidade de luz emitida era igual para as duas lâmpadas.

E – Mas as duas tinham o mesmo brilho. Se elas tivessem “trocado de brilho” era igual do mesmo jeito. E se essas duas trocarem de brilho? Existe essa hipótese?

CD – Não.

O sentido do circuito foi invertido e o resultado não apresentou nenhuma surpresa para as alunas.

E – Vocês já devem ter visto, talvez na casa de vocês, duas lâmpadas ficarem no mesmo ambiente. Igual aqui, olhem para o teto. Quando uma lâmpada se queima, a gente vai lá e tira para trocar. Quando a gente tira uma lâmpada, o que acontece com a outra que fica lá?

D – Depende de como vai estar o circuito. Se tiver que nem aqui (referindo-se ao circuito que elas tinham montado) acho que ela apaga.

E – Na casa de vocês?

C – Ela continua.

E – Ela continua acesa.

Seguiu-se uma discussão sobre as experiências delas em suas casas. A aluna C citou um espaço de sua casa onde estava faltando uma lâmpada de um determinado ambiente e as outras acendiam normalmente. Já a aluna D citou um ambiente na sua casa onde se retirava uma lâmpada e as outras apagavam também. Neste momento, o entrevistador decidiu não questionar a fala da aluna D, mas enfatizar a fala da aluna C, mostrando uma situação no ambiente em que os três estavam. Em um determinado conjunto de quatro lâmpadas fluorescentes presas ao teto uma delas estava queimada.

E – Olha aqui, nós não temos uma em cima da gente que está apagada?

CD – Sim.

E – E as outras?

As alunas observaram todo o ambiente e percebem que todas as demais lâmpadas estão acesas.

D – Mas elas estão ligadas igual a isso aqui?

E – Não sei, mas elas estão ligadas ao mesmo interruptor.

O entrevistador apontou para o interruptor na parede e as alunas perceberam que um único interruptor acendia todas as lâmpadas.

E – É como se fosse a mesma pilha. Agora, nesse circuito que nós montamos, se tirar uma o que acontece com a outra?

C – Continua (acesa).

D – Eu acho que apaga.

E – Você (D) acha que apaga por quê? E você (C) acha que continua por quê? Vamos primeiro você (C), você acha que continua por quê?

C – Porque as cargas vão continuar rodando. Eu acredito que possa diminuir a potência.

E – Por quê?

C – Porque vai ser muito fio para uma lâmpada só.

E – Entendi.

C – Aí eu acho que continua.

A aluna C mostrou uma concepção de que a lâmpada não é um elemento essencial para completar o circuito em série. Por outro lado, havia uma concepção de resistência elétrica pouco usual para alunos sem contato formal com eletricidade. Se for muito fio para uma lâmpada só, como disse a aluna, a dissipação de energia na fiação não seria desprezível. Ela não tinha claro estes conceitos científicos, mas esboçou uma concepção de que a potência dissipada na lâmpada poderia ser aumentada se diminuíssemos a quantidade de fio.

D – Eu acho que ela apaga.

E – Por quê?

D – Porque aqui (apontando para uma das lâmpadas) não vai ter como ela passar para chegar na outra. Porque se um fio está aqui (aponta para um dos fios de entrada no soquete da lâmpada) e outro está aqui (apontando para o outro fio que sai do soquete da lâmpada – essa concepção de fio entrando e saindo foi percebida pela observação dos gestos da aluna mostrando, com a mão, um dos fios entrando e o outro saindo). Eles não têm contato entre si.

E – Então interrompe o circuito.

D – Sim.

E – E o que a C falou para a gente é que o circuito continuava. Tira uma lâmpada do circuito, por favor.

Ao tirar uma das lâmpadas, a outra apagou.

E – Apagou por quê?

D – Porque interrompeu.

E – Então o circuito continua passando (dirigindo-se a aluna C)?

C – Não.

Nesta situação, elas tinham duas explicações concorrentes. O mesmo dado que confirmou uma das explicações foi anômalo para a outra. Essa situação inesperada para C, fez com que ela **mudasse suas concepções**. Se antes ela acreditava que o circuito continuava independente da lâmpada, agora ela já percebia que sem a lâmpada não haveria circuito. Ela

não precisou de nenhum mediador para mudar suas concepções, sendo o procedimento de reação um AR.

E – Agora, existe uma situação em que eu possa tirar uma lâmpada e a outra continuar acesa, não é? Volta com a lâmpada, por favor.

E – Como seria essa montagem? Como eu poderia montar duas lâmpadas que acendessem, mas quando uma apagasse a outra não apagaria.

As alunas começaram a fazer as alterações no circuito e o entrevistador chamou a atenção para um ponto que poderia gerar uma situação inesperada para as alunas.

E - Lembrando que essa (apontando lâmpada) aqui brilha pouco e essa outra brilha mais.

A primeira tentativa de montagem das alunas foi trocar as pilhas de lugar, mas a única diferença foi a quantidade de fios entre as pilhas e entre as pilhas e as lâmpadas. Não houve nenhuma alteração no circuito. Depois que elas reposicionaram as pilhas, o entrevistador não deixou que elas ligassem o circuito. Com tudo montado e pronto para colocar o último fio, ele questionou suas concepções.

E – Espera, não liga, me deixa entender. Você tirou uma pilha de lá e colocou aqui no meio (entre as duas lâmpadas). O que você fez e porque você fez isso?

D – Não vai dar certo não.

E – Mas antes de fazer você já falou que não vai dar?

D – Eu acho que não vai dar certo não.

E – Por quê?

C – Eu acho que não vai dar certo por que...

D – Eu não sei...

D – Não! Acho que vai dar sim.

Elas modificaram o circuito novamente e reposicionaram as pilhas. Agora a mudança gerou algo novo na interpretação das alunas, as pilhas estavam entre as lâmpadas. É interessante lembrar que as duas duplas tiveram essa mesma hipótese para fazer funcionar as duas lâmpadas de maneira independente.

E – Tirou uma pilha de lugar e passou a colocar essa mesma pilha no meio, entre duas lâmpadas.

D – Agora dá.

Elas ligaram o circuito e as duas lâmpadas funcionaram.

E – Brilhou?

CD – Brilhou.

E – Agora, se eu tirar uma lâmpada do circuito (sugerindo retirar a lâmpada mais fraca) o que acontece com a outra?

D – A outra vai ficar acesa.

E – Por quê?

D – Porque daqui vai para aqui (apontando para as duas pilhas ligando com a lâmpada mais intensa).

C – E daqui vai para aqui (apontando para as duas pilhas ligando com a lâmpada menos intensa).

D – Ela só vai interromper esse pedaço aqui (a aluna com gestos indica que o pedaço a que ela se refere é todo o ramo do circuito que sai de uma pilha vai para a lâmpada e volta na outra pilha).

C – É.

E – Então só vai haver interrupção só dessa lâmpada mais fraca.

CD – Isso.

E – Como a outra não interrompe, no outro lado (do circuito) a lâmpada está no meio de duas pilhas, vai continuar passando (corrente).

D – Eu acho que sim.

Da mesma forma que a dupla do estudo de caso 1, as alunas acreditavam que cada pilha alimenta cada lâmpada de maneira independente.

A seguir, as alunas tiraram a lâmpada e a outra apagou, gerando uma situação inesperada para elas, que ficaram muito surpreendidas com o resultado.

D – Não é!

E – Não é por quê?

D – É o que eu pensei de novo. Essa corrente passa aqui (apontando para o ramo do circuito que continha a lâmpada que foi retirada) também.

E – Então ela passa aqui (apontando para o mesmo lugar que a aluna) também para completar.

C – Não é simples.

Assim, elas **mudaram suas concepções**. Uma vez que a lâmpada se apagou, a teoria anterior, de que cada pilha alimentava cada lâmpada, não se sustentou. Por isso, elas mudaram suas concepções e voltaram a pensar no circuito em série e na necessidade de se completar o circuito para que todos os elementos funcionassem.

A aluna C conferiu as ligações do circuito tirando e recolocando os fios nos terminais das pilhas. No procedimento de reação, este é um mediador de confirmação que a aluna está desenvolvendo para averiguar seus resultados.

E – O que faz uma lâmpada acender?

C – A corrente.

E – E como?

C – Ela vem aqui, passa lá e vem.

A aluna fez gestos com a mão apontando para os elementos do circuito partindo da pilha e passando, através do fio, em todos os elementos até retornar para a mesma pilha o que seria, para ela, a representação da corrente passando pelo circuito. Neste momento, o mediador passou a ser a discussão.

E – Tem que passar lá na lâmpada?

D – Tem.

E – Por enquanto nós temos um sistema que vou chamar de dependente. Por que dependente? Para aquela (lâmpada) acender, depende dessa (lâmpada). Se eu tirar essa, a outra apaga e vice-versa, não é isso?

CD – Certo.

E – Então como é que eu posso montar um sistema independente? Eu vou ajudar vocês um pouco. Primeiro, para ajudar, acendam uma lâmpada só, com duas pilhas.

As alunas fizeram, adequadamente, a montagem com uma lâmpada apenas.

E – Acendeu. Então, como é que eu coloco essa segunda?

A aluna C pegou a lâmpada que deveria ser colocada no circuito e tentou ligá-la direto aos terminais das pilhas (positivo de uma pilha e negativo da outra). O entrevistador pediu que ela não ligasse o circuito ainda.

E – Vocês têm que falar antes o que vocês vão fazer.

Ela recuou e ficou pensando porque estaria fazendo daquela forma. A aluna D manteve-se o tempo todo pensando sobre o problema.

E – Uma já está funcionando, a outra tem que entrar no circuito e funcionar também sem a primeira apagar.

D – Se ela (aluna C) colocar do jeito que ela fez, ela vai montar outro circuito.

E – Outro circuito, como assim?

D – Se ela colocar uma lâmpada ligada a uma pilha e direto na outra.

Mais uma vez com gestos a aluna mostrou que o fio sairia de uma pilha passaria na lâmpada a ser colocada no circuito e iria para a outra pilha. Naquele momento ela estava enxergando esta ligação como um circuito diferente do primeiro. Para ela, eram dois circuitos e não duas lâmpadas em um mesmo circuito em paralelo.

As alunas começaram a manusear o material na tentativa de ligar a lâmpada.

E – Espera um momento antes de você colocar (a lâmpada). Ela vai montar outro circuito, como assim?

D – Vai. Não, não vai.

A aluna mostrou dúvidas quanto à sua própria ideia.

D – Eu acho que eu sei.

E – Como?

D – Liga ela aqui.

Com gestos ela mostrou as duas pontas na qual a primeira lâmpada já estava ligada. Assim ela faria um circuito paralelo com a lâmpada. É interessante perceber que ela enxergava o circuito paralelo quando ligado próximo à primeira lâmpada, mas não enxergou como um circuito paralelo quando ligou a lâmpada diretamente nos pólos das pilhas.

E – Por quê?

D – Porque aí, estaria dividindo o circuito em dois.

E – Faz sentido isso C?

C – É faz.

E – E o que aconteceria?

D – Não sei se vai dar certo.

C – Uma vez que a gente apagasse uma, a outra continuaria acesa.

E – Então vamos pensar. Essa, que já está no circuito é a prata e essa que nós vamos colocar é a dourada (referindo-se a cor da parte metálica das lâmpadas). A dourada brilha mais ou menos?

Essa pergunta teve o sentido de resgatar a visão das alunas, pois este ponto apresenta uma possível anomalia.

CD – Menos. (Foram bem afirmativas na resposta)

E – Menos. Então vamos tentar ligar do jeito que vocês falaram.

Elas fizeram a montagem e conseguiram ligar o circuito.

D – Oh! Ela acendeu mais!

E – Qual acendeu mais?

D – A dourada!

C – O problema não é mais pessoal dela.

Risos.

Quando a aluna falou que o problema já não era mais “pessoal dela”, nos parece que ela estava **mudando suas concepções**. Ela podia ainda não saber porque houve essa variação no brilho da lâmpada, mas já aceitou que o problema não era com ela.

D – Naquela hora o circuito era um só para as duas. E agora cada circuito para cada lâmpada.

E – Ok, e qual a consequência disso? Só porque é cada circuito para cada lâmpada a dourada vai brilhar mais?

D – Não. Não sei, pode ser.

C – Mas mesmo assim ela brilha pouco, porque ela está fraca.

D – Certo, mas ela está brilhando muito mais.

C – Mas está fraca.

A mesma aluna C que havia mudado suas concepções sobre o brilho da lâmpada, naquele momento tentou encontrar um jeito de adequar os dados às suas concepções. Para

nós, ela estava **reinterpretando os dados**. Isso nos sugere que a mudança anterior não havia sido significativa, apenas **periférica** de suas concepções. Ou seja, havia algum problema com a lâmpada que não brilhava como deveria brilhar, na expectativa da aluna. Para nós, o que a aluna disse foi que a lâmpada em si podia não ter um problema “pessoal dela”, mas ainda assim ela estava fraca. Um ponto interessante dessa passagem mostra que a aluna teve, simultaneamente, duas reações para tentar entender o dado anômalo. O movimento foi duplo, pois ao mesmo tempo em que ela promoveu pequenas mudanças em suas concepções, ela reinterpretou o dado para manter intacto o núcleo de suas concepções.

Da percepção da anomalia, lâmpada brilhar mais, às reações observadas, o procedimento foi mediado pela discussão entre as alunas e entre elas e o entrevistador, AMR.

D – Naquela hora (circuito em série), vamos supor, que tem 10 de potência para as duas lâmpadas e vai ficar 5 para cada uma. Não. E agora (circuito em paralelo) vai dar 5 para cada uma também. Não! Agora vai dar 10 para as duas. Ih! É, acho que é isso mesmo.

A aluna estava um pouco confusa e sua fala era bem pausada, sempre pensando no que tinha acabado de falar. Mas, no final podemos perceber que ela apresentava uma concepção de que a potência fornecida pela pilha ia ser dividida igualmente entre as lâmpadas na ligação em série e que a potência não era dividida na ligação em paralelo. Ou seja, a potência entregue pela pilha no circuito em paralelo era recebida independentemente por cada lâmpada. Por isso, em paralelo a lâmpada brilharia mais.

Em um diálogo com o entrevistador, as alunas mostraram que ainda tinham percepções diferentes quanto ao brilho de cada lâmpada. Este impasse, mais uma vez, não gerou nenhuma anomalia que pudesse ser explorada. Sendo assim, o entrevistador optou por mudar o questionamento da intensidade da luz para o objetivo da tarefa.

E – Se eu tirar uma lâmpada, o que acontece com a outra?

CD – Vai continuar acesa.

E – Por quê?

D – Porque o circuito está passando, vai continuar passando.

C – Porque está dividindo.

E – Continua acesa exatamente da mesma forma que está acesa ali?

D – Mais forte.

E – Por quê?

D – Porque a potência da pilha não foi dividida para as duas.

C – Pode acontecer de ela ficar mais forte, mas eu acho que vai ficar do mesmo jeito.

E – Por que “pode” acontecer de ela ficar mais forte?

C – Porque aqui ela vai... Ela vai ser egoísta, ela vai ficar com carga só para ela.

E – E por isso ela “pode” brilhar mais?

C – Ela pode brilhar mais, mas eu acredito que ela vai brilhar a mesma coisa.

E – Você acredita que vai ficar do mesmo jeito, por quê?

C – Ah! porque vai passar normal.

E – Vai passar do mesmo jeito que já está passando aqui?

C – É.

E – Pode tirar então?

CD – Pode.

A aluna D tinha uma concepção de que, no circuito em paralelo, a potência da pilha era integralmente entregue ao circuito sendo que cada lâmpada ficava com uma parte. Assim, a potência que não estaria sendo “utilizada” pela lâmpada retirada poderia ser usada pela lâmpada que ficou no circuito. Por isso, com potência maior, a segunda lâmpada brilharia mais.

No entanto, a aluna usou uma concepção contrária a que ela tinha relatado há pouco: “Naquela hora (circuito em série), vamos supor, que tem 10 de potência para as duas lâmpadas e vai ficar 5 para cada uma. Não. E agora (circuito em paralelo) vai dar 5 para cada uma também. Não! Agora vai dar 10 para as duas. Ih! É, acho que é isso mesmo”. Essa contradição mostra que a aluna não estava segura de suas concepções, alterando elementos importantes do conceito para adequá-los a cada situação.

Para a aluna C, a lâmpada não alteraria seu brilho, pois ela enxergava os dois ramos do circuito paralelo como circuitos independentes.

Neste ponto, o entrevistador retirou uma das lâmpadas.

CD – Ficou mais forte!

E – Por quê?

D – Passou mais carga.

E – Passou mais carga do lado de lá?

D – É.

E – Você concorda com isso, C?

C – Sim.

E – Mas e o negócio da potência que não ia dividir?

C – É, divide um pouco sim.

Este tipo de comportamento nos sugere que houve uma **mudança nas concepções** da aluna C. Se antes ela achava que não dividia nada, naquele momento ela acreditava que haveria uma divisão, dividia pouco, mas dividia. O procedimento de reação foi AR.

E – A última coisa que eu quero perguntar para vocês. Vamos deixar uma lâmpada só.

As alunas remontaram o circuito com apenas uma lâmpada.

E – Eu vou trocar as duas pilhas grandes por duas pilhas pequenas. Vai mudar alguma coisa?

D – Vai.

E – O que vai acontecer?

D – A lâmpada vai ficar mais fraca.

E – Por quê?

D – Porque a pilha é menor.

E – E o que isso significa?

D – A carga vai ser menor.

E – Certo? (Dirigindo-se para a aluna C).

C – Acredito que sim.

E – Carga menor?

C – É.

As alunas fizeram a montagem alterando as pilhas grandes por pequenas. A lâmpada brilhou tão intensamente quanto com as pilhas grandes e isso foi mais uma situação inesperada para elas.

E – Como vocês explicam este resultado?

C – Mas é por que as duas juntas tinham a mesma potência que essa grande.

D – Mas tinha duas grandes.

A aluna C, parecia querer **reinterpretar os dados** para ajustar às suas concepções. No entanto, a aluna D, de imediato, contra-argumentou.

C – Então ela é uma falsa magra.

E – O que é uma falsa magra?

E – A pilha grande continua sendo mais forte que a pilha pequena?

D – Agora eu não sei mais.

O dado anômalo estava fazendo a aluna refletir sobre suas concepções. Mediando o procedimento de reação das alunas, o entrevistador fez perguntas conduzindo-as a uma reflexão.

C – Nessa ocasião sim.

D – Eu sempre achei que a pilha grande fosse mais forte que a pilha pequena.

C – Eu acho que... Não dá para entender. É só uma dúvida mesmo. Eu tenho um Papai Noel lá em casa que ele funciona com a pilha grande. Aí você coloca a pilha grande. Se um minigame, o papai Noel só canta, o minigame ele precisa só da pequena.

E – Boa pergunta. Por que funciona assim?

D – Eu acho que a potência é a mesma.

E – Então que diferença faz uma pilha grande de uma pequena?

D – É o objeto que vai ser colocada. Imagina você ter um controle com a pilha grande.

E – Só uma questão de praticidade.

CD – É.

C – Um minigame com a pilha enorme, como ia funcionar?

D – Ou um papai Noel com a pilha pequena. Um papai Noel com a pilha pequena até que poderia ser, mas ele é gordinho também. Bom que engorda mais um pouquinho.

E – Só essa a diferença. Mas você acha que a potência é a mesma?

C – Acabei de descobrir que a potência é a mesma.

Mesmo que a explicação das alunas, sobre a diferença de pilha pequena e pilha grande, não fosse a cientificamente aceita, a aluna C mostrou tanta confiança no dado anômalo que foi suficiente para que ela **mudasse o núcleo de sua concepção**, “acabei de descobrir que a potência é a mesma”. Um dado anômalo pode levar a pensamentos dos alunos que não são aqueles que o professor tenha planejado. Entre outros, este é um motivo pelo qual a estratégia de conflitos cognitivos deve ser usada cuidadosamente. Mesmo a reação de mudança de concepção, em geral a mais desejável por parte do professor que planeja usar esta estratégia, pode conduzir os alunos a concepções alternativas que não são condizentes com os conceitos cientificamente aceitos.

E – É, D?

D – Pode desligar aqui um pouquinho?

E – Pode.

A aluna pediu para desligar e religar o circuito alternando a pilha grande e pequena para verificar se havia diferenças nas intensidades do brilho da lâmpada.

E – É a mesma potência?

D – Acho que sim.

E – Com certeza?

D – Acho que sim.

E – É? (Para a aluna C)

C – Sim.

A aluna D também **mudou o núcleo de suas concepções**, acreditando que as pilhas grande e pequena tinham a mesma potência. O procedimento de reação das duas foi um AMR. No entanto, para a aluna C bastou a discussão, como mediador, para que ela mudasse suas concepções. A aluna D sentiu a necessidade de confirmar seus resultados, portanto o mediador utilizado foi mais variado.

Da mesma maneira como ocorreu com a dupla do estudo de caso 1, ao término da entrevista, o pesquisador desligou o gravador e retomou algumas passagens com as alunas. Mais uma vez, tínhamos o objetivo de explicar para as alunas alguns conceitos, utilizados durante a atividade, e que apresentavam alguma divergência quanto aos conceitos aceitos pela Física. As alunas fizeram algumas perguntas sobre curiosidades que elas tinham sobre circuitos elétricos e fatos ocorridos durante a gravação, como a aluna C ter sentido o dedo queimar no início da atividade.

Ao final da atividade, uma forte chuva impediu que as alunas e o entrevistador saíssem do local da gravação. Neste momento, ocorreram alguns diálogos em que as alunas comentavam os fatos que observaram durante a atividade e os relacionava com as situações que elas vivenciavam em suas casas. Por vezes, elas se referiam a situações que já tinham relatado durante as gravações.

Mesmo que o objetivo deste trabalho não fosse o de avaliar o aprendizado dos estudantes e seu envolvimento em atividades práticas, foi interessante perceber como as

alunas se mantiveram envolvidas com questões referentes à atividade, mesmo após seu término.

5. Conclusão

A apresentação e análise das discussões entre as alunas e entre elas e o pesquisador mostrou os membros de duas duplas de estudantes tentando fazer previsões e formular explicações sobre o que esperavam ou observavam acontecer em um conjunto de pequenas tarefas práticas. Nessa busca por entender o que deveria acontecer ou o que de fato acontecia, as alunas recorriam às suas concepções prévias sobre eletricidade, às observações que faziam do comportamento dos circuitos que montaram e ao seu escasso conhecimento conceitual sobre eletricidade e circuitos elétricos.

Vale lembrar que “(...) muitas vezes, no processo de construção de uma ideia nova, a falta de informações para interpretar os resultados de um experimento é obstáculo maior que o conflito entre as ideias dos estudantes e os resultados” (MORTIMER, 1996). Neste trabalho, o pouco conhecimento dos conceitos de corrente, resistência elétrica, potência, tensão elétrica e efeito Joule, bem como as relações entre os conceitos de potência, diferença de potencial e resistência elétrica parece ter sido uma barreira difícil para as alunas fazerem previsões e formular explicações com maior confiança. Por outro lado, esse desconhecimento potencializou as prováveis situações inesperadas durante a atividade e não impediu que as estudantes lograssem executar a maioria das tarefas práticas propostas.

O resultado é que as alunas das duplas analisadas não aparentavam ter construído um entendimento estável sobre o funcionamento de circuitos elétricos e ficavam retornando a ideias que já tinham considerado incorretas. A aluna D constituiu uma exceção em alguns momentos. Se o propósito principal aqui fosse o de ensinar os participantes sobre o funcionamento de circuitos elétricos, então provavelmente teríamos obtido pouco sucesso. Mas para os propósitos de produzir episódios de conflito e resultados inesperados, julgamos que a sequência de atividade foi muito rica. A expectativa de que os estudantes enfrentassem maiores dificuldades em formular boas previsões e explicações é que nos levou a escolher trabalhar com um tópico sobre o qual os participantes tivessem pouco conhecimento conceitual.

O principal objetivo desse trabalho era investigar as reações dos estudantes frente a situações inesperadas, tendo como base as condutas de reação já catalogadas na literatura da área, e os procedimentos de reação adotados por eles. Por isso, não havia a preocupação por parte do pesquisador de que os estudantes concluíssem o desenvolvimento da atividade em conceitos aceitos pela Ciência. Este resultado é muito desconfortável, principalmente porque

o pesquisador é também um professor de física. A ansiedade dos estudantes por compreender porque ocorriam aqueles resultados que não faziam sentido para eles, o que foi muitas vezes evidenciado nos trechos transcritos nos dois estudos de caso, motivou a intervenção do pesquisador. Após as sessões de entrevistas, o pesquisador procurou responder as questões e dúvidas deles sobre o funcionamento da lâmpada e de seu comportamento em circuitos elétricos simples, para que eles a entrevista não reforçasse suas concepções que relatamos.

Dos estudos de caso que analisamos, pudemos observar quase todas as condutas de reação dos estudantes reportadas nos trabalhos de Chinn e Brewer (1993; 1998), Mason (2000) e Lin (2007). Somente a reação de **excluir o dado da teoria** não foi encontrada em nenhuma das duas entrevistas. Não estamos afirmando, com isso, que essa reação não poderia acontecer no contexto de atividades de eletricidade. O que estamos querendo dizer é que a amostra que participou do estudo é pequena e de estudantes já quase concluindo sua educação secundária e que as atividades foram realizadas pelos próprios estudantes. Quando ocorria um resultado que elas não esperavam, elas podiam voltar atrás e refazer o experimento, examinar suas montagens e verificar se não existiam erros nelas. Além disso, as atividades não envolveram o uso de instrumentos para coletar dados, o que exclui os erros de medição.

Lembramos que, para excluir o dado anômalo da teoria, o estudante deve afirmar que tal resultado é explicado por outra teoria que não aquela que está sendo avaliada. Assim, o pouco conhecimento de teorias do campo da eletricidade pode ter contribuído para a ausência dessa conduta. Como as alunas tinham pouco conhecimento dos diferentes conceitos de circuitos elétricos relevantes, foi difícil para elas julgar um resultado anômalo como parte de outra teoria. É necessário, portanto, que se façam mais pesquisas para se averiguar a ocorrência desta reação no contexto de atividades práticas e envolvendo diferentes conteúdos.

Por termos escolhido fazer uma análise a partir de estudos de caso, não vimos a necessidade de quantificar as respostas dadas em cada categoria. Nossa amostragem não teria relevância quantitativa e, conseqüentemente, não poderíamos estabelecer padrões de comportamento a respeito das condutas de reação dos estudantes. Por outro lado, a análise detalhada da situação vivenciada por cada dupla nos forneceu outras informações.

Os mini ciclos de anomalia / reação vivenciados pela dupla do estudo de caso 1 chamou nossa atenção. As alunas enfrentaram uma anomalia, a de que determinada lâmpada não acendia, e começaram um processo complexo até chegar à reação final delas de ignorar o dado anômalo. No entanto, entre a anomalia e a reação final, elas iniciaram outros ciclos de anomalia / reação, internos a essa etapa maior. Por exemplo, para rejeitar o dado anômalo,

uma das reações intermediárias, as alunas propuseram um teste para confirmar suas hipóteses. Lembramos que, para rejeitar o dado é necessário que as alunas justifiquem porque aquele dado está sendo rejeitado. Para testar suas justificativas elas, nesta situação, fizeram um teste de confirmação. No entanto, o resultado do teste foi, mais uma vez, inesperado para elas. Assim, uma nova anomalia foi percebida e um novo ciclo se iniciou.

Não esperávamos encontrar este miniciclo, uma vez que não encontramos nenhuma referência a ele na literatura. Acreditamos que a identificação deste elemento é uma importante contribuição deste trabalho para a área. Não era o objetivo deste trabalho analisar a aprendizagem dos estudantes e, por isso, não procuramos estabelecer nenhuma relação entre a aprendizagem e a presença dos miniciclos. No entanto, essa possível relação parece ser uma relevante proposta de pesquisa.

Em cada atividade experimental de teste de novas hipóteses existe a possibilidade de os estudantes encontrarem resultados inesperados. Assim, uma sequência longa de anomalias e reações pode ocorrer. Uma estratégia de ensino se utilize o conflito cognitivo como ferramenta de construção de conceitos deve ser elaborada tomando o devido cuidado para que os alunos não se percam dentro da atividade e fujam ao objetivo principal da proposta. Por outro lado, o processo de mediação, tanto através da confirmação quanto através da discussão entre pares e destes com o professor, é uma etapa rica e potencializadora do desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Sendo assim, há que se dosar entre o número de mediadores que se deseja em uma atividade e o objetivo que se quer alcançar.

Outra passagem interessante foi registrada no estudo de caso 2. A aluna C observou uma oscilação de brilho de determinada lâmpada. A observação deste fenômeno não se relacionava com os conceitos que estavam sendo trabalhados pelas alunas. Sendo assim, houve um mediador, na definição de Lin, sem dado anômalo. Elas propuseram uma confirmação para uma observação feita pela aluna C sem serem motivadas por algum resultado inesperado, e sim por uma observação que despertou a curiosidade da aluna.

Independentemente de haver, ou não, anomalias, a reação da aluna foi a mesma de uma das condutas de reação já catalogas pela literatura. Dessa forma, acreditamos que as mesmas reações que já foram catalogas pelos estudos anteriores, em situações de conflitos cognitivos, ou reações semelhantes, podem ser observadas em atividades de desenvolvimento conceitual sem a presença destes conflitos. No entanto, é preciso mais pesquisas para avaliar como os alunos reagem em atividades práticas mesmo que os resultados não sejam conflituosos com suas concepções.

Quanto aos procedimentos de reação, não observamos nenhum padrão de comportamento. Ou seja, o caminho trilhado pelo aluno, anomalia – reação ou anomalia – mediador – reação, não apresentou relação com nenhuma conduta em especial. Por exemplo, em algumas situações as alunas rejeitaram o dado através do procedimento AR e, em outras, rejeitaram também fazendo um percurso AMR. O mesmo ocorreu com outras condutas de reação que se repetiram em um número razoável de vezes ao longo das atividades.

Os mediadores que observamos alternaram entre discussão, confirmação e condutas de reação intermediárias. Novamente nenhum padrão foi observado, qualquer mediador pode, a princípio, ser observado acompanhado de qualquer conduta de reação. Quando as alunas optaram por confirmar a atividade, encontramos tanto situações nas quais elas repetiam a montagem, avaliando a reprodutibilidade do experimento, quanto testes de novas hipóteses que elas criavam tentando compreender o dado anômalo.

O tema eletricidade e, em especial, o trabalho com lâmpadas e pilhas é do uso habitual dos estudantes, embora em contextos diferentes. Isto é, os estudantes acendem e apagam lâmpadas em suas casas, trocam-nas quando elas se queimam. Também, por vezes, se envolvem com iluminação de Natal, ou trocam pilhas e baterias de aparelhos eletrônicos com certa frequência. Raramente, porém, eles utilizam lâmpadas de lanterna e pilhas para montar circuitos elétricos. O fato de tais elementos serem corriqueiros para eles parece ter sido um estímulo para as várias analogias feitas durante a prática. Estas analogias foram espontâneas e todas baseadas em situações práticas vivenciadas em suas casas. Em especial o estudo de caso 2 trouxe uma quantidade maior de analogias. Quando compararam circuitos que funcionavam, ou não, em ambientes com uma das lâmpadas queimada, as alunas questionavam o dado anômalo usando apenas analogia. Pelo que pudemos observar, o uso de analogias para lidar com situações de conflitos cognitivos parece ser uma estratégia dos alunos. Pesquisas no ensino de Ciências mostram o uso de analogias como uma ferramenta do professor e do aluno em diversas situações de aprendizagem. Diferentes tipos de analogias já foram catalogadas na literatura em diferentes tipos de atividades. Assim, nos parece uma proposta relevante de pesquisa saber como e quais tipos de analogias são utilizadas por estudantes em situações inesperadas geradoras de conflitos cognitivos.

6. Implicações

6.1 *Implicações para o ensino*

O conflito cognitivo é uma das possíveis estratégias de ensino que um professor pode utilizar. Porém, para que essa estratégia possa ser utilizada de maneira produtiva, acreditamos que o professor deve conhecer as diferentes maneiras de gerar, nos alunos, esses conflitos. Uma dessas possibilidades é confrontar as expectativas dos estudantes com dados anômalos ou inesperados. Para isso, a partir das previsões e expectativas dos estudantes, o professor pode apresentar essas anomalias na forma de uma informação ou de uma teoria concorrente. Dessa forma, ele estaria promovendo um conflito cognitivo potencial nos alunos a partir de situações teóricas. Outra opção é tentar gerar o conflito cognitivo a partir de atividades de natureza prática. Como a atividade prática depende, em certa medida, das escolhas feitas pelo aluno, o professor pode, no máximo, criar situações potenciais de conflito e esperar que os estudantes reajam a elas. Para criar estas situações conflituosas o professor deve conhecer bem os modelos que os estudantes trazem, antes do estudo formal de qualquer tema, para que possa preparar atividades adequadas. Além disso, é importante que o professor conheça as reações que os estudantes possam ter ao se depararem com resultados inesperados. As implicações deste estudo dizem respeito mais a este segundo ponto.

Acreditamos que o professor que está preparado para prever e reconhecer as possíveis reações dos estudantes frente ao inesperado pode intervir melhor em situações de ensino-aprendizagem conduzindo o aluno a alcançar os objetivos pedagógicos que ele tem em mente ou que o currículo estabelece. Alguns importantes trabalhos (PIAGET, 1976; KUHN, 1987) apresentam o desenvolvimento cognitivo de estudantes e cientistas em situações de conflito. Não descartamos a importância destes trabalhos, mas em situações práticas de sala de aula muitas vezes é necessário uma ferramenta simples e direta de análise por parte do professor. Neste sentido, a categorização de condutas de reação dos estudantes frente a situações inesperadas é uma importante ajuda para o professor (CHINN e BREWER, 1998; MASON, 2000; LIN, 2007). A tabela do capítulo 2, que relaciona as condutas de reação dos estudantes com os processos cognitivos de assimilação e acomodação, é um apoio ao professor para lidar com situações de ensino que envolvam dados anômalos. Esta tabela faz uma comparação entre o comportamento dos estudantes, que é perceptível para o professor, com processos internos e cognitivos da aprendizagem, tornando mais simples a percepção do professor sobre

a aprendizagem do estudante. Por este motivo, o trabalho que apresentamos tem relevância para prática docente.

Como acreditamos que este trabalho é relevante para a prática docente, destacamos a importância de se trabalhar as condutas de reação dos estudantes nos cursos de formação de professores. Nesses cursos, o professor em formação tem contato com diferentes estratégias de ensino, como o conflito cognitivo, e, por isso, julgamos relevante que o professor em formação possa ter contato com diferentes leituras na área. Assim, acreditamos ter contribuído para os cursos de formação de professores na medida em que ajudamos disseminar as condutas de reação dos estudantes frente a situações inesperadas e fizemos um paralelo entre as teorias cognitivas de Piaget, sobre assimilação e acomodação em situações de conflito cognitivo, com as condutas de reação catalogadas na literatura.

Como consequência do trabalho, observamos que as condutas de reações categorizadas nos trabalhos anteriores também foram observadas nas situações práticas que os estudantes executaram. Observamos também que os ciclos anomalia-reação e anomalia-mediador-reação ocorreram em várias situações. As situações com a presença de mediadores foram mais ricas em termos de discussão dos conceitos relevantes para explicar aquela situação. Sendo assim, acreditamos que os mediadores podem ser ótimas ferramentas no processo de desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Além disso, destacamos a presença dos miniciclos de AR ou AMR internos a uma tarefa maior que os alunos devam cumprir. Estes miniciclos foram momentos ricos de desenvolvimento dos estudantes, mas devem ser cuidadosamente acompanhados. Os alunos podem acabar se perdendo em uma série interminável de miniciclos, em lugar de avançar rumo ao objetivo proposto pela atividade.

6.2 *Implicações para a pesquisa*

Este trabalho amplia a discussão do conflito cognitivo através de atividades práticas como estratégia de ensino. A pesquisa na área já mostrou que não existe a substituição automática de um conceito por outro. Sendo assim, é importante conhecer como os alunos se comportam quando se deparam com dados anômalos. Este trabalho, assim como aqueles de Chinn e Brewer (1993, 1998) e de Lin (2007) nos ajudam a entender como estes alunos reagem quando se deparam com resultados e observações dissonantes com suas concepções e expectativas. Ao mesmo tempo, a grande variedade de reações diferentes observadas nesses trabalhos nos permite entender porque apenas em algumas situações de discrepância entre

teoria e observação, os estudantes se envolvem em raciocínios que culminam com mudanças substantivas em suas ideias sobre o fenômeno ou tópico estudado.

Neste trabalho, nos propusemos a avaliar como os alunos reagem quando esta anomalia surge em uma atividade prática. Tivemos como fundamento as categorias propostas por Lin (2007), que amplia a taxonomia proposta de Chinn e Brewer (1998). Ao analisar cada estudo de caso, pudemos observar situações diferentes vivenciadas pelas estudantes.

Não encontramos nas referências consultadas relatos dos miniciclos de anomalia / reação. A análise do estudo de caso permitiu que observássemos os estudantes em ação ao lidar com os resultados inesperados e, por isso, acreditamos que a opção por esta metodologia tenha possibilitado a observação desses miniciclos. Uma análise quantitativa, como aquela feita por Chinn e Brewer e por Lin, congrega uma grande quantidade de informações, mas não observa os estudantes enquanto lidam com os resultados inesperados. Uma proposta futura seria detalhar melhor em que condições estes miniciclos podem ocorrer e até em que ponto é desejável que eles se repitam sem que os estudantes se percam dentro da tarefa maior que devem cumprir.

Outra situação observada foi o uso espontâneo de analogias, por parte das alunas, durante a realização das atividades. Algumas vezes elas fizeram uso desse recurso, em especial quando queriam explicar ou justificar algumas de suas ações. O uso de analogias para lidar com o conflito cognitivo parece ser uma estratégia adotada pelos alunos e, por isso, uma proposta relevante de pesquisa.

Sendo assim acreditamos que o trabalho apresentou uma visão mais detalhada de situações de conflitos cognitivos de natureza prática. Além disso, aponta para campos de pesquisa que parecem promissores no entendimento de como os estudantes aprendem em situações conflituosas.

7. Referências

- BADDOCK, M.; BUCAT, R. Effectiveness of a classroom chemistry demonstration using the cognitive conflict strategy. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 8, p. 1115-1128, 2008.
- BORGES, A. T. O papel do laboratório no ensino de Ciências. I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 27 a 29 de novembro de 1997, Águas de Lindóia, SP. 1997.
- BORGES, A. T.; BORGES, O. N.; SILVA, M. V. D.; GOMES, A. D. T. Resolução de problemas práticos no laboratório escolar. III Encontro Nacional de Pesquisa no Ensino de Ciências, 7 a 10 de novembro de 2001, Atibaia, SP. 2001.
- BORGES, O. N.; BORGES, A. T.; SILVA, M. V. D.; GOMES, A. D. T. Situações Inesperadas no Laboratório Escolar. VIII Encontro de Pesquisa no Ensino de Física, 5 a 8 de junho de 2002, Águas de Lindóia. 2002.
- BRUNER, J. S. *O processo da Educação*. 5º. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1975.
- CHINN, C. A.; BREWER, W. F. The role of anomalous data in knowledge acquisition - A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, v. 63, n. 1, p. 1-49, 1993.
- _____. An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 6, p. 623-654, 1998.
- DUNBAR, K. How scientists think in the real world: Implications for science education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, v. 21, n. 1, p. 49-58, 2000.
- GIRCOREANO, J. P.; PACCA, J. L. A. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 18, n. 1, p. 26-40, 2001.
- GOMES, A. D. T.; SILVA, M. V. D.; BORGES, O. N.; BORGES, A. T. Laboratórios Centrados em Computador. XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 25 a 29 de janeiro de 1999, Brasília. 1999.
- KANG, S.; SHARMANN, L. C.; NOH, T. Reexamining the Role of Conflict Cognitive in Science Concept Learning. *Research in Science Education*, v. 34, n. 1, p. 71-96, 2004.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 2º. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1987.

LAKATOS, I. Falsification and the Methodology of Scientific Research Programs. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Ed.). *Criticism and the growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 91-195, 1970.

LIN, J. Y. Responses to Anomalous Data Obtained From Repeatable Experiments in the Laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 44, n. 3, p. 506-528, 2007.

MASON, L. Responses to anomalous data on controversial topics and theory change. *Learning and Instruction*, v. 11, n. 6, p. 453-483, 2000.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

PARK, J.; KIM, I. Analysis of Students' Responses to Contradictory Results Obtained by Simple Observation or Controlling Variables. *Research in Science Education*, v. 28, n. 3, p. 365-376, 1998.

PIAGET, J. *A equilibração das estruturas cognitivas. Problema central do desenvolvimento*. São Paulo: Zahar Editores, 1976.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

SHIPSTONE, D. M. Electricity in simple DC circuits. . In: DRIVER, E. G.; TIBERGHEN, A. (Ed.). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, Inglaterra: Open University Press, 1985.

TAMIR, P. Practical work at school: an analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (Ed.). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

VARELA, M. P.; MARTÍNEZ, M. M. Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: la resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 15, n. 2, p. 173-188, 1997.

WHITE, R. T. The Link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

WOOLNOUGH, B. *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

WOOLNOUGH, B.; ALLSOP, T. *Practical Work is Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

8. Anexos

8.1 Anexo I

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Alunos)

Caro(a) aluno(a), você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa educacional realizada e orientada por pesquisadores ligados ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da UFMG. A pesquisa é intitulada “Situações Inesperadas no Ensino de Física”. Ela está sendo conduzida pelo professor Marcus Vinícius Duarte Silva, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges.

Este estudo pretende pesquisar como alunos reagem quando são surpreendidos, em suas expectativas, por um fenômeno físico. Em um horário extracurricular, os alunos terão que desenvolver uma atividade prática cujo tema será informado no momento da realização da atividade. Esta estratégia se alia ao objetivo dos pesquisadores em analisar a reação espontânea dos estudantes frente ao inesperado. Os pesquisadores também farão gravações em áudio e vídeo das atividades dos alunos em sala de aula.

Se você concordar com este uso de suas tarefas e gravações de áudio e vídeo, podemos lhe garantir que: (i) nos nossos procedimentos de análise adotaremos procedimentos para preservar a sua identidade e resguardar a sua privacidade; (ii) ao divulgarmos os resultados do estudo adotaremos procedimentos que impeçam que você seja identificado.

Você não terá nenhum benefício direto pela participação, respondendo às questões que serão propostas como tarefas escolares usuais. Os benefícios serão difusos e indiretos, na medida em que o que aprendermos servirá para desenvolvermos o ensino de física, e que poderá beneficiar você e futuros alunos. Por outro lado, não identificamos qualquer risco potencial na sua participação no estudo.

A recusa em participar da pesquisa não acarretará nenhuma sanção a você. Além disso, esse consentimento poderá ser retirado a qualquer momento, que você desejar, sem que isso lhe traga qualquer sanção. Em caso de dúvida sobre a adequação dos procedimentos que estamos usando você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais pelo telefone (31) 3499 4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627- Prédio da Unidade Administrativa II- 2º andar- Campus Pampulha Belo Horizonte- MG-Cep: 31 270 901. O Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) é formado por um grupo de pessoas com conhecimentos científicos e não científicos e tem por missão realizar a

revisão ética inicial e continuada das pesquisas, visando garantir a segurança e proteger seus direitos das pessoas envolvidas nos estudos.

Os conhecimentos resultantes deste estudo serão divulgados em revistas especializadas, em congressos e simpósios sobre pesquisas educacionais e em uma dissertação de mestrado. Abaixo estão os dados relativos a este projeto.

Título do projeto: Situações inesperadas no ensino de física.

Pesquisador responsável: Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges (Orientador)

Instituição: Setor de Física – Colégio Técnico – UFMG

Telefone para contato: (31) 3499-4952

Pesquisador co-responsável: Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva (Mestrando)

Telefone para contato: (31) 3234-0241

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627, Colégio Técnico – Setor de Física. Campus Pampulha. Belo Horizonte – MG. Cep:31 270 901

Objetivo do estudo: O projeto objetiva investigar como os estudantes reagem quando são surpreendidos, em suas expectativas, por um fenômeno físico.

Assinatura do Pesquisador Responsável
Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges
E-mail: tarcisocoltec@gmail.com
Telefone:3499-4952

Assinatura do Pesquisador Co-responsável
Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva
Email: mvduartesilva@yahoo.com.br
Telefone:3234-0241

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu li os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para participar ou não na pesquisa intitulada “Situações inesperadas no ensino de física” que está sendo conduzida pelo professor Marcus Vinícius Duarte Silva, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges e que posso interromper a minha participação a qualquer momento. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito descrito no termo de consentimento livre e esclarecido.

Título do projeto: Situações inesperadas no ensino de física.

Pesquisador responsável: Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges (Orientador)

Instituição: Setor de Física – Colégio Técnico – UFMG

Telefone para contato: (31) 3499-4954

Pesquisador co-responsável: Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva (Mestrando)

Telefone para contato: (31) 3234-0241

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627, Colégio Técnico – Setor de Física. Campus Pampulha. Belo Horizonte – MG. Cep:31 270 901

Objetivo do estudo: O projeto objetiva investigar como os estudantes reagem quando são surpreendidos, em suas expectativas, por um fenômeno físico.

Eu entendi a informação apresentada nesse documento. Eu receberei uma cópia assinada e datada deste documento de consentimento informado.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 200____

Nome por extenso: _____

Assinatura:

Assinatura do Pesquisador Responsável
Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges
E-mail: tarcisocoltec@gmail.com
Telefone:3499-4952

Assinatura do Pesquisador Co-responsável
Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva
Email: mvduartesilva@yahoo.com.br
Telefone:3234-0241

8.2 *Anexo II*

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Pais ou Responsáveis)

Senhores Pais,

Seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa educacional realizada e orientada por pesquisadores ligados ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da UFMG. A pesquisa é intitulada “Situações inesperadas no ensino de física”. Ela está sendo conduzida pelo professor Marcus Vinícius Duarte Silva, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges.

Este estudo pretende pesquisar como alunos reagem quando são surpreendidos, em suas expectativas, por um fenômeno físico. Em um horário extracurricular, os alunos terão que desenvolver uma atividade prática cujo tema será informado no momento da realização da atividade. Esta estratégia se alia ao objetivo dos pesquisadores em analisar a reação espontânea dos estudantes frente ao inesperado. Os pesquisadores também farão gravações em áudio e vídeo das atividades dos alunos em sala de aula.

Pedimos a sua autorização para analisar as atividades desenvolvidas por seu(sua) filho(a) neste estudo. A direção da escola já autorizou a realização da pesquisa. Como resultado esperamos produzir conhecimento educacional relevante para a escola, para os atuais professores e pesquisadores envolvidos, para nossos futuros alunos e para outros professores e seus alunos. É conhecimento socialmente relevante, que visa melhorar a qualidade do ensino neste ambiente de aprendizagem.

Caso o uso das atividades desenvolvidas por seu(sua) filho(a) e imagens seja autorizado, podemos lhe garantir que: (i) nos nossos procedimentos de análise adotaremos procedimentos para preservar a identidade e resguardar a privacidade dos estudantes; (ii) ao divulgarmos os resultados do estudo adotaremos procedimentos que impeçam que seu(sua) filho(a) seja identificado.

Seu(sua) filho(a) não terá nenhum benefício direto pela participação, respondendo às questões que serão propostas como tarefas escolares usuais. Os benefícios serão difusos e indiretos, na medida em que o que aprendermos servirá para desenvolvermos o ensino de física, e que poderá beneficiar seu(sua) filho(a) e nossos futuros alunos. Por outro lado, não identificamos qualquer risco potencial na participação de seu(sua) filho(a) no estudo.

A recusa em participar da pesquisa não acarretará nenhuma sanção ao estudante. Além disso, esse consentimento poderá ser retirado a qualquer momento, sem que isso traga qualquer sanção a seu(sua) filho(a). Em caso de dúvida sobre a adequação dos procedimentos que estamos usando você poderá procurar o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais pelo telefone (31) 3499 4592 ou no endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627- Prédio da Unidade Administrativa II- 2º andar- Campus Pampulha Belo Horizonte- MG-Cep: 31 270 901. O Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) é formado por um grupo de pessoas com conhecimentos científicos e não científicos, e tem por missão realizar a revisão ética inicial e continuada das pesquisas para garantir a segurança e proteger os direitos das pessoas envolvidas nos estudos.

Os conhecimentos resultantes deste estudo serão divulgados em revistas especializadas e em congressos sobre pesquisas educacionais e em uma dissertação de mestrado. Abaixo estão os dados relativos a este projeto.

Título do projeto: Situações inesperadas no ensino de física.

Pesquisador responsável: Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges (Orientador)

Instituição: Setor de Física – Colégio Técnico – UFMG

Telefone para contato: (31) 3499-4952

Pesquisador co-responsável: Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva (Mestrando)

Telefone para contato: (31) 3234-0241

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627, Colégio Técnico – Setor de Física. Campus Pampulha. Belo Horizonte – MG. Cep:31 270 901

Assinatura do Pesquisador Responsável
Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges
E-mail: tarcisocoltec@gmail.com
Telefone:3499-4952

Assinatura do Pesquisador Co-responsável
Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva
Email: mvduartesilva@yahoo.com.br
Telefone:3234-0241

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu li os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para autorizar ou não a participação de meu(minha) filho(a) na pesquisa intitulada “Situações inesperadas no ensino de física” que está sendo conduzida pelo professor Marcus Vinícius Duarte Silva, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges e que posso interromper a participação dele a qualquer momento. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para as finalidades descritas no termo de consentimento livre e esclarecido.

Título do projeto: Situações inesperadas no ensino de física.

Pesquisador responsável: Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges (Orientador)

Instituição: Setor de Física – Colégio Técnico – UFMG

Telefone para contato: (31) 3499-4952

Pesquisador co-responsável: Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva (Mestrando)

Telefone para contato: (31) 3234-02471

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627, Colégio Técnico – Setor de Física. Campus Pampulha. Belo Horizonte – MG. Cep:31 270 901

Objetivo do estudo: O projeto objetiva investigar como os estudantes reagem quando são surpreendidos, em suas expectativas, por um fenômeno físico.

Eu entendi a informação apresentada nesse documento. Eu receberei uma cópia assinada e datada deste documento de consentimento informado.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 200____

Nome do Filho: _____

Nome do responsável por extenso:

Assinatura:

Assinatura do Pesquisador Responsável
Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges
E-mail: tarcisocoltec@gmail.com
Telefone:3499-4952

Assinatura do Pesquisador Co-responsável
Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva
Email: mvduartesilva@yahoo.com.br
Telefone:3234-0241

8.3 *Anexo III*

Belo Horizonte, _____ de 2009.

Ao
A/C

SOLICITAÇÃO

Sr(a) Diretor(a),

Solicitamos autorização para a realização de um estudo educacional com os alunos da 8ª série do ensino fundamental e/ou 1ª série do ensino médio, deste estabelecimento de ensino.

Este estudo pretende pesquisar como alunos reagem quando são surpreendidos, em suas expectativas, por um fenômeno físico. Em um horário extracurricular, os alunos terão que desenvolver uma atividade prática cujo tema será informado no momento da realização da atividade. Esta estratégia se alia ao objetivo dos pesquisadores em analisar a reação espontânea dos estudantes frente ao inesperado. Os pesquisadores também farão gravações em áudio e vídeo das atividades dos alunos em sala de aula.

Os alunos e seus responsáveis receberão um termo de consentimento que, se assinados, autorizam a participação. Neste termo, estão esclarecidos os procedimentos da pesquisa e os direitos dos alunos como participantes da pesquisa.

Todo o material coletado (imagem, voz, relatórios e exercícios em sala) será analisado com o objetivo de melhorar a qualidade do ensino neste ambiente de aprendizagem. Afirmamos o compromisso de não revelar a identidade dos alunos e de não usar esse material para fins de avaliação escolar. Os resultados dessa pesquisa poderão ser divulgados em revistas e congressos educacionais, com observância dos princípios estabelecidos pelo Comitê de Ética de Pesquisa dessa instituição. Abaixo estão os dados relativos a este projeto.

Título do projeto: Situações inesperadas no ensino de física.

Pesquisador responsável: Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges (Orientador)

Instituição: Setor de Física – Colégio Técnico – UFMG

Telefone para contato: (31) 3499-4952

Pesquisador co-responsável: Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva (Mestrando)

Telefone para contato: (31) 3234-0241

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627, Colégio Técnico- Setor de Física- Campus Pampulha Belo Horizonte –MG. CEP:31.710-180

Objetivo do estudo: O projeto objetiva investigar como os estudantes reagem quando são surpreendidos, em suas expectativas, por um fenômeno físico.

Assinatura do Pesquisador Responsável
Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges
E-mail: tarcisocoltec@gmail.com
Telefone:3499-4952

Assinatura do Pesquisador Co-responsável
Prof. Marcus Vinícius Duarte Silva
Email: mvduartasilva@yahoo.com.br
Telefone:3234-0241

Ciente e aceito: _____