UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

O ENSINO E A SURPRESA – EXPERIMENTOS SURPREENDENTES E SUAS POSSIBILIDADES NO ENSINO DE FÍSICA

Márcio Reiss

Prof.Dr. Eugenio Maria de França Ramos

Rio Claro (SP)

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

MÁRCIO REISS

O ENSINO E A SURPRESA – EXPERIMENTOS SURPREENDENTES E SUAS POSSIBILIDADES NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Rio Claro - SP
2011

530.07 Reiss, Márcio
R376e O ensino e a surpresa: experimentos surpreendentes e suas possibilidades no ensino de física / Márcio Reiss. - Rio Claro : [s.n.], 2011.
58 f. : il., figs., fots.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Física - Estudo e ensino. 2. Eletrostática. 3. Didática. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

MÁRCIO REISS

O ENSINO E A SURPRESA – EXPERIMENTOS SURPREENDENTES E SUAS POSSIBILIDADES NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Comissão Examinadora

Dr. Eugenio Maria de França Ramos (orientador)

Dr. Marcos Serzedello

Dra. Ana Paula Mijolaro

Suplente

Prof. Adriel Fernandes Sartori

Rio Claro, 19 de novembro de 2011

Assinatura do (a) aluno (a) assinatura do (a) orientador (a)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus familiares e amigos que, de forma direta ou indireta, me apoiaram durante este percurso. Entre essas pessoas, agradeço especialmente a Karina e ao Pedro pela enorme paciência que tiveram comigo.

A todos os professores do Departamento de Física do IGCE que, no decorrer dos últimos anos, contribuíram no processo de minha graduação.

De modo especial e com muito respeito e admiração agradeço a meu orientador Professor Eugenio, pela orientação ao longo de quase dois anos e por seus conselhos e ensinamentos que permitiram a construção deste trabalho.

RESUMO

No ensino de Física alguns experimentos costumam apresentar resultados surpreendentes aos estudantes, isto é, geralmente se caracterizam por contrariar as expectativas iniciais dos alunos. Tal característica pode contribuir para o surgimento de situações extremamente promissoras à aprendizagem. Entretanto o privilégio, por parte do professor, à descrição de determinados resultados abrevia o envolvimento que o estudante poderia estabelecer diante situações favoráveis a uma reflexão mais cuidadosa das observações que se pode fazer. Discutimos neste trabalho a surpresa que pode se manifestar no estudante diante algumas demonstrações experimentais e sua capacidade de mobilizar o interesse e a curiosidade desse sujeito. Pretendemos observar o valor pedagógico que tais surpresas podem representar em situações de ensino e aprendizagem, particularmente para o Ensino de Física, bem como as possibilidades que permitem de abordagens pedagógicas. Procuramos com um aprofundamento teórico em obras de autores que tratam de questões acerca de atividades didáticas experimentais, Educação e Epistemologia da Ciência, esclarecimentos que nos permitam compreender, além das dificuldades, as oportunidades de aprendizagem que a manifestação da surpresa pode proporcionar. Descrevemos uma atividade de demonstração experimental que consideramos surpreendente e que foi realizada em sala de aula com alunos do Ensino Médio de uma escola pública em Rio Claro, 2011.

Palavras chave: Ensino de Física. Experimentos surpreendentes. Eletrostática

ABSTRACT

Some experiments in Physics teaching have an amazing effect among the students, that is, generally be characterized by counteracting the initial expectations of students. This characteristic may contribute to the emergence of learning situations extremely promising. However, the privilege, by the teacher, the description of certain results shortens the involvement that the student could establish on teaching situations favor a more careful observation that can be done. We discuss in this paper, the that surprise may be manifested in the student on an experimental demonstration and its ability to mobilize the interest and curiosity of this student. We intend to observe the pedagogic value that represents the amazing effect such in situations of teaching and learning, particularly for the Teaching of Physics, as well as the possibilities for educational approaches.Through an extensive analysis of several authors who address about experimental learning activities, Epistemology of Science and Education, we found some results that lead us to understand some of the possibilities that the surprise element can propose. We describe a demonstration activity that we consider amazingly from our point of view and that was realized in a regular classroom in a of Rio Claro Public High School in the year of 2011.

Key words: Physics teaching. Amazingly experiments. Electrostatic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Eletróforo de Volta. 33
Figura 2 - Representação esquemática da indução eletrostática em um condutor. ..39
Figura 3 - Representação usual da indução eletrostática em um condutor.....39
Figura 4 - Ilustração do processo de eletrização por indução. 40
Figura 5 - Ilustração usual do processo de eletrização por indução.....41
Figura 6 - Representação do processo de eletrização por indução no Eletróforo. 41
Figura 7 - Ilustração do processo de eletrização por indução. 42
Figura 8 - Ilustração usual do processo de eletrização por indução.....42

FOTOS

Foto 1 - Eletróforo construído com materiais de baixo custo. 34
Foto 2 - Faísca elétrica resultante do processo de eletrização do Eletróforo. 36

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 10
CAPÍTULO I - ATIVIDADE EXPERIMENTAL E SUAS VARIAÇÕES 14
1.1. Sobre as atividades experimentais no ensino de física 14
1.2. Sobre as demonstrações experimentais 16
1.3. Sobre os experimentos de baixo custo 19
CAPÍTULO II - CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA 21
2.1. A surpresa e seus aspectos negativos 21
2.2. A surpresa e suas potencialidades 25
2.3. A surpresa e o interesse configurando um desafio 29
CAPÍTULO III - SURPRESA: IDENTIFICAÇÃO E POSSIBILIDADES 31
3.1. Verificando a manifestação da surpresa 31
3.2. Oportunidades significativas à ação do professor 32
CAPÍTULO IV - ELETRÓFORO: UM EXPERIMENTO SURPREENDENTE 33
4.1. Breve descrição do aparelho 33
4.2. Como operar o aparelho 34
4.3. Porque o Eletróforo é surpreendente? 35
4.4. Explicação física – Conceitos fundamentais 37
4.4.1. Carga elétrica e átomo 37
4.4.2. Eletrização por atrito 38
4.4.3. Indução eletrostática em materiais condutores 38
4.4.4. Eletrização por indução 40
CAPÍTULO V - ATIVIDADE REALIZADA COM O ELETRÓFORO 43
5.1. O relato da atividade realizada no Ensino Médio 45
CAPÍTULO VI - RESULTADOS 50
6.1. Considerações iniciais 50
6.2. Resultado da atividade 50
CONSIDERAÇÕES FINAIS 55
REFERÊNCIAS 56
BIBLIOGRAFIA 58

INTRODUÇÃO

Meu interesse pela discussão sobre o tema deste trabalho se iniciou no ano de 2009 quando cursava a disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física. Um comentário realizado pelo professor durante esse curso se referia sobre uma demonstração experimental que se podia realizar empregando dois balões (bexigas) de festa – desigualmente inflados - interligados por meio das extremidades de uma mangueira na qual uma válvula impede a passagem de ar entre eles. Tal demonstração consiste em verificar que, quando a válvula libera a passagem do ar entre os balões, o balão de maior volume tanto poderá diminuir quanto aumentar o seu volume. Dependendo da situação, os balões podem até mesmo permanecer com seus volumes inalterados. Esses resultados podem ser considerados surpreendentes ao observador, pois, intuitivamente, quase sempre se prevê que o ar deve se transferir do balão de maior para o de menor volume. Pois geralmente associa-se ao balão com maior volume também a maior pressão.

Surpreendido eu também fiquei quando me dei conta das possíveis discussões que poderiam se iniciar após algumas demonstrações de experimentos cujo resultado geralmente é inesperado. Sobretudo aqueles que podem ser construídos a partir de materiais relativamente simples, pois, de certa forma, alguns equipamentos experimentais com essa característica reforça a manifestação da surpresa durante o desenvolvimento das atividades. Como exemplo (e que será tratado neste trabalho), podemos citar o Eletróforo. Tal equipamento, que pode ser construído basicamente utilizando-se uma forma de pizza e uma base de PVC, proporciona a realização de alguns experimentos de eletrostática (que posteriormente serão citados) que podem ser considerados surpreendentes. Esta constatação me motivou a discutir as possibilidades positivas de aprendizagem que práticas pedagógicas dessa natureza podem desempenhar no ensino de Física.

Alguns experimentos, mesmo os desenvolvidos em atividades de demonstração experimental, podem privilegiar a participação do estudante. Pois tal participação não se resume na manipulação de aparelhos ou instrumentos experimentais, mas se estendem a oportunidades de diálogos e discussões realmente envolventes com os alunos. Talvez, esse tipo de ação pedagógica contribua consideravelmente para uma aprendizagem mais significante para o

estudante que, geralmente, apenas contempla aulas introdutórias nas escolas de Educação Básica.

Nota-se nos cronogramas escolares que a carga horária destinada à disciplina de Física – em média cerca de três aulas de cinquenta minutos por semana - é incompatível para o adequado desenvolvimento de seus conteúdos. Desse modo, atividades experimentais importantes ao processo de aprendizagem dessa disciplina se tornam cada vez mais raras nos programas dos cursos da Educação Básica de ensino. Em muitas instituições de Ensino Médio as aulas acabam priorizando os temas que são mais cobrados em vestibulares ou, simplesmente, a transcrição do material didático adotado a fim de cumprir o programa da disciplina. Tanto de uma forma, como de outra, podemos dizer que estas aulas seguem um padrão tradicional e não excedem a simples introdução do assunto o qual se deseja ensinar. Portanto, não seríamos precipitados em dizer que, para o aprendiz, estas aulas servem, no máximo, para que ele construa uma opinião sobre os conceitos, ou seja, para que ele tenha uma idéia abrangente, porém superficial, dos conteúdos abordados.

Seria interessante que, após cada aula, o aluno não tivesse a sensação de finalização do assunto que fora tratado, mas sim a sensação de estar munido de informações valiosas para iniciar seus questionamentos e, então, se sentisse desafiado em iniciar um aprofundamento nos estudos. Mas talvez a veracidade imediata atribuída aos conceitos, muitas vezes provadas pelo professor por meio de transcrições matemáticas e com o intuito de facilitar a aprendizagem, não contribua para que o aprendiz tenha a percepção de um princípio, mas sim a percepção de um fim. Segundo Bachelard (1996),

> A lei é tão clara, tão completa, tão fechada, que não se sente necessidade de estudar mais de perto o fenômeno [...], mesmo seguindo um ciclo de *idéias exatas,* percebe-se que a generalidade imobiliza o pensamento [...]. Assim, a própria matemática dos fenômenos é hierarquizada, e nem sempre a primeira *forma* matemática esta certa, nem sempre a primeira forma é de fato formativa. (BACHELARD, 1996, p. 71 - 72)

Porém, é importante citar que não estamos questionando o valor de aulas expositivas cujo papel também pode ser significativo no processo de ensino. Acreditamos apenas que a limitação nessas práticas é insuficiente e não

proporciona uma boa formação ao estudante, pelo contrário, acentua sua impressão do ensino como apenas propedêutico.

Sabemos, porém, das dificuldades que o professor enfrenta diante limitadas condições de trabalho que, muitas vezes inviabilizam seus planos e projetos de atuação. Com escolas desprovidas de laboratório ou materiais que possibilitem um trabalho experimental, tal atividade é frequentemente desprezada por grande parte dos professores.

Nesse contexto, se torna interessante avaliar as possibilidades de alternativas como a demonstração experimental pode desempenhar no processo de ensino de Física. Mesmo que frequentemente criticada por não possibilitar uma interação direta com os alunos, as demonstrações experimentais poderiam, talvez, atuar de forma significativa na aprendizagem dessa disciplina, principalmente se tais demonstrações despertarem a curiosidade dos alunos acerca dos assuntos e conceitos a elas relacionados. É aí que o efeito surpreendente pode atuar nas demonstrações, contribuindo para um maior envolvimento do aluno e proporcionando ao professor ocasiões potenciais de atuação.

Para que o estudante avance o conhecimento, o professor deve resgatar o interesse do aluno ao ponto de instigar sua curiosidade. Assim o professor contribuiria na construção de um cenário propício a mobilização do estudante para um aprofundamento em seus estudos por conta própria. Despertando neste sujeito um espírito investigativo, questionador e autocrítico. Desse modo poderíamos dizer que este sujeito caminha na direção de sua emancipação e começa a reunir em si elementos fundamentais para a formação de um espírito científico.

Ou seja, as aulas, mesmo que introdutórias, precisam gerar dúvidas no aprendiz a ponto de despertar no mesmo o interesse em tentar respondê-las. Para isso, é necessário que o sujeito saiba formular a pergunta da dúvida que o incomoda.

> Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada e gratuito. Tudo e construído. (BACHELARD, 1996, p. 18)

Dentro desse contexto, os experimentos construídos com materiais de baixo custo que sejam surpreendentes podem se revelar promissores auxiliares no processo de ensino de Física. Por isso, é interessante observar as possibilidades que esta prática pode proporcionar a fim de tornar mais coerente as propostas de atividades que, aparentemente, não ultrapassam uma simples demonstração experimental. Obviamente não se pretende buscar uma “receita” que assegure o envolvimento e a assimilação por parte do aluno. Apenas pretendemos discutir as atividades potencialmente interessantes e que criem possibilidades de transpor apenas a introdução dos conteúdos.

CAPÍTULO I

ATIVIDADE EXPERIMENTAL E SUAS VARIAÇÕES

1.1. Sobre as atividades experimentais no ensino de física

Parece haver um consenso, salvo raras exceções, entre pesquisadores da área de Ensino de Física, entre os professores dessa disciplina e, também podemos incluir, entre grande parte dos alunos - principalmente aqueles que cursam o Ensino Médio -, com relação à importância que as atividades experimentais desempenham no estudo desta disciplina. Por outro lado, o que se observa nas escolas encontra-se bastante distante do objeto desse consenso.

O fato das atividades experimentais não fazerem parte do cotidiano escolar não condiz com as indicações que se observa nos documentos norteadores da educação brasileira. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino médio encontramos que;

> É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 1998, p. 84)

Ou seja, com a prática experimental, pretende-se resgatar o estudante da condição passiva do seu processo de formação oferecendo-lhe não apenas a oportunidade de manusear aparelhos para o desenvolvimento de técnicas específicas, mas oferecendo-lhe também oportunidade de refletir e tomar decisões a fim de ampliar sua capacidade de interpretar e criticar os conhecimentos que lhe são fornecidos. Dessa maneira, as atividades didáticas experimentais favoreceriam para com a percepção do educando na compreensão das ciências como construções humanas.

Enfaticamente ainda encontramos em outro dos documentos norteadores da educação brasileira que:

> [...] a Ciência não se apóia nas aparências nem busca essências escondidas na natureza. Sendo uma construção humana, portanto histórica, ela se dá com o desenvolvimento de conceitos no confronto com dados experimentais e com idéias cotidianas, em situação real, pela compreensão conceitual do que está além das aparências e das impressões primeiras. Por isso, a situação experimental, a prática, a experimentação, jamais deve ser esquecida na ação pedagógica. (BRASIL, 2006, p. 124)

Chama-nos atenção parte do trecho acima citado no que se refere que a "compreensão conceitual do que está além das aparências e das impressões primeiras". Pois para Bachelard, a experiência primeira é considerada um obstáculo epistemológico à formação do espírito científico. Segundo o autor, nenhum conhecimento pode ser baseado somente na opinião. É necessário saber formular os problemas, os quais não se formulam por acaso. "O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza". (BACHELARD, 1996, p.18)

Contudo, apesar de documentos oficiais relativamente recentes expressarem a importância que a experimentação confere no desenvolvimento das competências em Física, esta discussão não é atual. Na década de 1970, Ferreira já mencionava a dificuldade em se estabelecer a experimentação nas escolas da época. O autor relata que "a necessidade de uma atividade prática nos cursos de ciências, principalmente nos de nível médio, é um desafio que de alguma forma deve ser superado." (FERREIRA, 1978, p. 1)

Portanto, apesar do aparente consenso de que a atividade experimental é uma prática fundamental no Ensino de Ciências, infelizmente, o que se observa nas escolas de Educação Básica é que, ainda nos dias atuais, essas práticas não compõem o quadro das atividades escolares. Desse modo, conclui-se que, mesmo transcorrido três décadas, o desafio apontado por Ferreira (1978) ainda persiste.

Entendemos que muitos esforços ainda devem ser desprendidos para que se estabeleça, em nossas escolas, a atividade didática experimental para o ensino de Física. Diante disso, acreditamos que todas as alternativas de utilização de experimentos devem ser analisadas a fim de se verificar as suas potencialidades no desenvolvimento de estratégias didáticas que contribuam para a introdução das atividades experimentais no cotidiano escolar.

1.2. Sobre as demonstrações experimentais

Apesar de já termos esclarecido que o presente trabalho não se restringe no estudo das atividades de demonstração experimental - também conhecidas como “experiências de cátedra” (FERREIRA, 1978) -, consideramos pertinente uma análise na literatura que trata dessa modalidade de laboratório. Além de constituir uma modalidade específica de prática experimental, a demonstração também é parte integrante dos procedimentos realizados em atividades mais amplas cujos objetivos superam a simples visualização ou constatação de determinados efeitos. Neste caso, mesmo possibilitando um maior envolvimento do estudante com a “aparelhagem” experimental, ainda assim, na etapa da demonstração pode ocorrer provocação de distintas sensações nos alunos, entre elas, por exemplo, a que nos interessa: a surpresa. Como pretendemos discutir os aspectos relacionados com a demonstração/reação dos alunos/possibilidade de intervenção, entendemos ser importante essa abordagem.

Podemos entender, segundo a definição de Alves Filho (2000), as atividades de demonstração como sendo aquelas em que o professor exerce a ação na realização do experimento e os resultados obtidos são de sua inteira responsabilidade. “O aluno neste tipo de atividade é apenas um espectador.” (ALVES FILHO, 2000, p. 46)

Por outro lado, Gaspar com extensa experiência em sala de aula, relata que sempre ficou evidente a eficiência das demonstrações experimentais em aulas que ministrou. Como professor, ainda relata que as demonstrações experimentais realizadas por ele durante a apresentação dos conteúdos despertavam enorme interesse nos alunos e tornava as aulas produtivas. (GASPAR, 2002, p. 175)

Em um trecho mais adiante Gaspar cita o exemplo da diferença conceitual entre calor e temperatura e alega que essa diferença não pode ser apreendida diante uma demonstração experimental, por melhor que ela seja. E argumenta que diferenças conceituais como essa são assimiladas com o tempo, à medida que estruturas mentais necessárias para tanto sejam construídas, mas afirma que tal assimilação “será mais breve, fácil e sólida para quem pôde ver essa demonstração experimental, pois, para esses, a construção cognitiva já teve início.” (2002, p. 181)

O autor ainda conclui:

> A mente humana não tem compartimentos estanques, guichês cognitivos que filtram ou validam conhecimentos em função da sua origem ou da forma pela qual eles são apresentados. Todo desafio e todo estímulo ao pensamento e à percepção enriquecem nossas estruturas cognitivas. Certamente, pode haver desafios e estímulos mais ou menos motivadores, apresentações ou exposições mais ou menos provocadoras e estimulantes, mas não há nada pior do que a ausência desses estímulos e desafios, sobretudo em relação à disseminação do conhecimento científico. (GASPAR, 2002, p. 182)

Para Gaspar, as práticas de demonstração experimental para o Ensino de Física podem ser úteis. Sobretudo, vale destacar que ele reconhece que não se pode alcançar a aprendizagem de conceitos somente por meio das demonstrações experimentais devido ao fato da assimilação de determinados conhecimentos depender de estruturas mentais que se constroem com o tempo, com uma abordagem contínua acerca do conhecimento que se pretende transmitir. O autor se refere a características estimulantes às atividades de demonstração experimental e as atribui um meio suscitador do pensamento e da percepção alegando não haver nada pior que a ausência desses estímulos.

Carvalho (1998), apesar de reconhecer que as demonstrações experimentais são realizadas com o intuito de ilustrar uma teoria por meio da verificação de fenômenos, destaca que esse tipo de atividade pode assumir outro papel e contribuir de forma significativa no ensino de Física. Acrescenta que as demonstrações experimentais devem envolver uma abordagem investigativa dos fenômenos nelas observados. A esse tipo de prática a autora denomina de “demonstrações experimentais investigativas” com as quais se torna possível o destacamento de uma situação problema – por meio do fenômeno visualizado na demonstração – e a respectiva investigação que o professor orienta acerca do mesmo. (CARVALHO, 1998, p. 25 – 26).

Para Saad (2005) as demonstrações experimentais em Ensino de Ciências podem contemplar a participação coletiva dos estudantes e são atividades importantes no contexto educacional. Pois tais demonstrações contribuem no despertar do interesse dos alunos por meio dos fenômenos que exibem e pelos desafios que geram em entender os “porquês”. O autor afirma que estudos realizados que tratam desta temática reforçam várias constatações de que as demonstrações podem compor cenários que priorizam aspectos emocionais dos estudantes e, assim, contribuem para a assimilação de conceitos da ciência.

Ressalta ainda que a demonstração em Ciências é uma modalidade de prática digna de mais investigações acerca de sua função no contexto educacional, em particular, no Ensino de Física. (SAAD, 2005. p. vii)

Uma questão interessante citada por Saad, que nos remete ao tema de nosso trabalho, está relacionada com os elementos que, segundo o autor, estão geralmente associados com atividades dessa natureza. Entre esses elementos, quatro nos chamam a atenção: o inesperado; o curioso; o inacreditável; e, por último, o mágico (SAAD, 2005 p. ix). Em nosso entendimento esses quatro elementos destacados podem de alguma forma, ser substituídos e utilizados como sinônimos do adjetivo “surpreendente”. Isso confere a importância que destinamos na abordagem acerca da demonstração experimental, seja esta como modalidade específica ou apenas uma etapa da prática experimental.

Para Ferreira (1978), a demonstração experimental apenas é viável quando os experimentos envolvidos na atividade são sofisticados, de custos elevados, delicados e cuja dificuldade ou periculosidade de manuseio do instrumental envolvido comprometer o contato dos estudantes com os mesmos. Essa modalidade de atividade deve ser simples, rápida e bastante clara com relação aos objetivos que se pretende atingir, pois, segundo ele – e neste caso – uma experiência muito longa desviaria a atenção dos alunos. Contudo, Ferreira declara que “as experiências de maior complexidade e que necessitem de uma meditação mais profunda não deveriam ser abordadas dessa maneira.” (1978, p. 12)

Um pouco mais adiante Ferreira conclui que “as experiências realizadas pelo professor, são mais motivadoras para aqueles que as executam do que para aqueles que observam”. E afirma que,

> Muitas vezes o professor ao se deparar com um conteúdo teoricamente maçante ou de difícil entendimento busca numa experiência de cátedra a solução de seus problemas de ensino e faz uma pausa no desenvolvimento numérico do conteúdo junto aos seus alunos [...] (FERREIRA, 1978, p. 14)

Sobretudo, o autor declara que:

> [...] baseada nas atividades dos alunos, as experiências realizadas pelo professor, também chamadas experiências de cátedra, aulas de motivação etc..., ocupam o nível mais baixo de envolvimento direto do aluno. Apesar do aluno poder participar logicamente dos

> raciocínios envolvidos durante a exposição e observar o comportamento das variáveis em questão, sua interação com o material será praticamente nula, não podendo nem influenciar nem escolher as variáveis sobre as quais agir [...] (1978, p. 11)

Acreditamos que determinados pontos de vista – como o de Alves Filho e o de Ferreira - desconsideram possibilidades que, em nosso entendimento, estariam mais ligadas na forma do envolvimento do sujeito com a atividade. Sobretudo na concepção de Ferreira, que descarta ao nível mais baixo de envolvimento qualquer relação que não seja direta entre o sujeito e a “coisa”. Entretanto, o autor não avalia a eventual participação dialógica dos estudantes com o professor como forma de exceder a passividade dos alunos nas práticas de demonstração experimental. Podemos considerar que há diferentes meios de envolvimento dos quais o indivíduo pode fazer uso para estabelecer uma interação com o objeto. Talvez o diálogo com o professor configure um desses meios. Por isso insistiremos no desempenho de práticas dessa natureza a fim de resgatar possíveis oportunidades que possam contribuir na elevação do nível de envolvimento e na busca de toda e qualquer atividade que se mostre relevante no Ensino de Física.

1.3. Sobre os experimentos de baixo custo

Acerca do objetivo de nosso trabalho, que se dispõe em discutir o efeito surpreendente que certos experimentos causam durante suas realizações e registrar a significância que tais atividades podem representar no processo de aprendizagem, a utilização de experimentos construídos com materiais de baixo custo é fundamental, pois equipamentos experimentais industrializados e comercializados dificilmente são encontrados nas escolas de Educação Básica a disposição do professor.

O experimento que iremos analisar neste trabalho foi construído por nós com a utilização de materiais simples presentes em nosso cotidiano e de custo relativamente baixo.

Contudo, com a utilização desses equipamentos considerados de baixo custo não se descarta a possibilidade de, com eles, realizar práticas que necessitem da utilização de outros equipamentos de custo mais elevados.

Acreditamos que a utilização de experimentos de baixo custo representa uma alternativa acessível a professores que procuram priorizar as atividades experimentais em sua atuação profissional.

CAPÍTULO II

CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

Pretendemos discutir alguns possíveis efeitos, tanto os positivos quanto os negativos, que a manifestação da surpresa diante demonstrações experimentais pode provocar no estudante e, diante da análise de ambos, tentaremos resgatar argumentos que justifiquem o uso de tais demonstrações.

Embasaremos nossa discussão em obras de autores que abordam questões que normalmente estão relacionadas com a manifestação da surpresa, tais como: as emoções, a sensibilidade, a afetividade, a intuição etc. Optamos pela análise de obras de Gaston Bachelard (1996) e Paulo Freire (1996, 2003), pois reúnem concepções acerca das questões que pretendemos analisar.

2.1. A surpresa e seus aspectos negativos

A surpresa pode se revelar por meio de um sentimento de prazer que se manifesta no indivíduo diante de uma situação inesperada. Nesse panorama, podemos inferir que uma atividade experimental que contemplasse a surpresa permitiria um envolvimento diferenciado do estudante com determinados assuntos. Pois, muito provavelmente, a sensação agradável desprenderia outras sensibilidades semelhantes e favoráveis à participação e comunicação do sujeito. Como exemplo, poderíamos citar a estimulação da curiosidade do estudante acerca da atividade em questão. Desse ponto de vista, a surpresa se mostra um interessante “instrumento” capaz de mobilizar a concentração do estudante na atividade que se realiza. Sobretudo, auxilia na ampliação das possibilidades de atuação do professor e contribui para o estabelecimento do diálogo com os estudantes.

A surpresa também pode se revelar na manifestação da perturbação do indivíduo diante de uma situação inesperada que, neste caso, significaria uma confusão intelectual do sujeito. Nessa perspectiva, a manifestação de desarranjo espiritual desprenderia outras sensibilidades também a ele semelhantes, mas, nesta ocasião, desfavoráveis à participação e comunicação do sujeito. Como exemplo, podemos citar a sensação de incapacidade de compreensão que, não raramente,

pode apenas se ocultar no sujeito. Isso significa que nesta situação o indivíduo ainda que demonstre certa curiosidade sobre determinado fato, se nega a conhecê-lo. Ou seja, causa um distanciamento entre a ação e a reflexão do sujeito. Nesta situação, podemos inferir que ele encontra-se apenas fascinado.

É importante esclarecer que não estamos creditando ao fascínio que se pode dar ao objeto apenas uma consequência negativa da condição do espírito do sujeito, pois o fascínio também pode representar uma condição favorável à mobilização do indivíduo, mas, para tanto, este deve surgir associado à manifestação do desejo de conhecer o objeto, e não apenas de se aproximar do mesmo.

Bachelard (1996) coloca uma série de questões que segundo ele podem representar obstáculos epistemológicos ao conhecimento científico. Para o autor, tais obstáculos representam a atitude de se buscar o conhecimento fundamentando-se em ideias preconcebidas. Mesmo que o autor não cite explicitamente em sua obra a surpresa ou o fascínio como obstáculos epistemológicos, podemos refletir sobre as consequências que estas manifestações podem desempenhar no processo de aprendizagem e nos questionar se elas não poderiam constituir também uma barreira à posse do conhecimento científico. Entre os dez obstáculos apontados pelo autor, apreciaremos um deles que se faz pertinente na ocasião: “O primeiro obstáculo: a experiência primeira”.

Uma possível interpretação sobre o primeiro obstáculo epistemológico discutido por Bachelard (1996) aborda o fascínio e o relaciona a atitudes e comportamentos que reforçam o primeiro obstáculo por ele apontado.

> Como a experiência primeira fascina, dá-se preferência às imagens e não às idéias. Buscam-se então experiências curiosas e divertidas, que em nada beneficiam a cultura científica. Tal é o caso da primeira eletricidade, cujo empirismo colorido é sedutor. Não é necessário compreendê-la, basta apenas vê-la e maravilhar-se. (CARDOSO, 1985, p. 19 - 20)

Mesmo que se refira à experiência primeira, podemos deduzir diante tal interpretação que qualquer que seja a experiência que fascine o estudante busque apelo apenas nas imagens e priorizem apenas a diversão.

Na abordagem da experiência primeira, Bachelard explora aspectos psicológicos da cultura alquímica a fim de apresentar um exemplo da mentalidade pré-científica. Nesse contexto parece-nos que o fascínio se converge a um afeto que

de certo modo pode estancar o processo de posse de critérios que nos permite enxergar além da capacidade de nossa visão. Tal capacidade envolve um processo que pode revelar-se complicada para uma mente pré-científica.

> Às vezes, durante minhas aulas de química, tive a oportunidade de constatar os vestígios de alquimia que ainda percorrem a mente dos jovens. Por exemplo, enquanto eu preparava, numa manha de inverno, amalgama de amônio [...] enquanto eu amassava o mercúrio que aumentava de volume, eu via o fascínio em seus olhos atentos. [...] Pareceu-me também que a classe estava muito feliz com esse pequeno romance da Natureza porque ele acaba bem, porque devolve ao mercúrio, tão simpático aos alunos, seu aspecto natural, seu mistério primitivo. [...] Assim, na classe de química moderna como na oficina do alquimista, o aluno e o aprendiz não se apresentam de inicio como puros espíritos. (BACHELARD, 1996, p. 68)

Bachelard complementa dizendo que:

> [...] ao espetáculo dos fenômenos mais interessantes, mais espantosos, o homem vai naturalmente com todos os seus desejos, com todas as suas paixões, com toda a alma. Não é pois de admirar que o primeiro conhecimento objetivo seja um primeiro erro. (BACHELARD, 1996, p. 68)

Podemos extrair das concepções de Bachelard, sobretudo diante contemplações curiosas ou extraordinárias, que a adesão do que chama de “espírito pré-científico” é imediata ao conhecimento objetivo. Favorecendo que tal espírito seja capaz apenas de arriscar uma opinião sobre o objeto, mas jamais procurar sobre sua essência. Pois ao “designar os objetos pela utilidade, ela se impede de conhecê-los.”

> O educador deve procurar, portanto, destacar sempre o observador de seu objeto, defender o aluno da massa de afetividade que se concentra em certos fenômenos rapidamente simbolizados e, de certa forma, muito interessantes. (BACHELARD, 1996, p. 67 – 68)

Mesmo que as idéias do autor representem um aspecto negativo ligado às atividades didáticas surpreendentes (e geralmente sempre interessantes aos estudantes), concordamos com elas quando tais demonstrações desmobilizam o estudante para a busca do conhecimento. Entretanto acreditamos ser de extrema importância considerar essas idéias, mas não nos render a elas. Pois conhecidos os

elementos comprometedores que podem influenciar no processo de aprendizagem, podemos criar estratégias que as reduzam, procurando evitar a realização de atividades pedagogicamente insignificantes ou epistemologicamente resistentes.

Em nosso caso, o ato de surpreender se resume na execução de atividades didáticas experimentais – expositivas ou não – cujos resultados divirjam das expectativas iniciais dos estudantes. Logo, entendemos que esse tipo de prática deve ter objetivos previamente estipulados de modo que não sejam reduzidos apenas a espetáculos em sala de aula. Já como efeito, pretende-se com essas práticas encontrar possibilidades que destoem do ensino propedêutico da Física, mas ressoem na aquisição de competências que favoreçam a emancipação do juízo do estudante nesta área do conhecimento.

A surpresa da divergência entre uma observação experimental e a previsão teórica é capaz de causar uma comoção no sujeito a ponto deste se sentir desafiado em compreender tal discrepância nos resultados. Recentemente um artigo publicado na Folha de S.Paulo (LOPES, 2011, p. C15) abordou o resultado surpreendente que cientistas europeus obtiveram com um experimento realizado Cern (Organização Européia de Pesquisas Nucleares). Em tal experimento, neutrinos (partículas subatômicas, desprovidas de carga elétrica e com massa diferente de zero) produzidos no Cern (localizado na fronteira entre a Suíça e a França) podiam ser detectados no Laboratório italiano Gran Sasso (a 730 km de distância) em um intervalo de tempo 60 nanosegundos antes que deveria caso a velocidade da luz tivesse sido respeitada. Ainda que o fenômeno não seja confirmado, a notícia abalou os cientistas e diversos artigos estão sendo publicados na tentativa de desacreditar ou explicar o efeito. Este episódio, seja ele confirmado ou não – e provavelmente não -, serviu para mobilizar a comunidade científica na busca do entendimento de tal acontecimento.

Fatos como este nos mostra que a surpresa também pode se manifestar em pesquisas científicas e, neste caso, pode proporcionar o avanço do conhecimento.

Acreditamos que o ato de realizar experimentos surpreendentes no ensino de Física exerça a oportunidade de expor o estudante à prática do exercício de pensar – e como pensar -, e não de reproduzir. Proporcionando ao aluno ocasiões que favoreçam seu consentimento com relação à importância de se buscar o conhecimento, e não apenas de recebê-lo. Talvez, atividades dessa natureza tenham a capacidade de fomentar nos estudantes questionamentos que adentrem

em discussões que aulas tradicionais apenas tangenciam. Promovendo, além das já citadas, o exercício da capacidade de abstração que os obriga a abandonar a imagem e todo o fascínio que ela os traz. Favorecendo, portanto, a transposição do grau de sua curiosidade.

2.2. A surpresa e suas potencialidades

O “grau de curiosidade”, anteriormente citado, deriva de nossa interpretação sobre a discussão que Paulo Freire (1996) realiza e define a curiosidade ingênua e a curiosidade epistemológica. Ao empregarmos a palavra “grau” nos justificamos, pois, segundo o autor, curiosidade ingênua e a curiosidade epistemológica não se diferem na essência, mas em suas qualidades. Sendo assim, a passagem da curiosidade ingênua para a curiosidade epistemológica não se dá por meio de um processo de transformação, mas de superação de seus elementos qualitativos. Para Freire (1996), a curiosidade epistemológica decorre:

> [...] dos procedimentos metodicamente rigorosos [...] A superação e não a ruptura se dá na medida em que a curiosidade ingênua, sem deixar de ser curiosidade, pelo contrário, continuando a ser curiosidade, se criticiza [...] Na verdade, a curiosidade ingênua que, “desarmada”, está associada ao saber do senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se de forma cada vez mais metodicamente rigorosa do objeto cognoscível, se torna curiosidade epistemológica. (FREIRE, 1996, p. 15)

Podemos entender que a transposição entre o saber do senso comum e o saber científico está relacionada com o modo de pensar. Se nossa intenção se baseia no ensino de Física, não podemos nos restringir em ensinar apenas os conteúdos, mas também em ensinar a pensar certo. Segundo Freire,

> Pensar certo, em termos críticos, é uma exigência que os momentos do ciclo gnosiológico vão pondo à curiosidade que, tornando-se mais e mais metodicamente rigorosa, transita da ingenuidade para o que venho chamando “curiosidade epistemológica”. A curiosidade ingênua, do que resulta indiscutivelmente um certo saber, não importa que metodicamente desrigoroso, é a que caracteriza o senso comum. O saber de pura experiência feito. Pensar certo, do ponto de vista do professor, tanto implica o respeito ao senso comum no processo de sua necessária superação quanto o respeito e o estímulo à capacidade criadora do educando. Implica o compromisso da educadora com a consciência crítica do educando cuja

> “promoção” da ingenuidade não se faz automaticamente. (FREIRE, 1996, p. 14)

As atividades experimentais surpreendentes são uma alternativa significativamente considerável como prática pedagógica. Pois, além de estimular a curiosidade dos alunos, constatável por meio da manifestação da surpresa, proporciona oportunidade para que eles questionem seus modos de pensar uma vez que, geralmente, os resultados contrariam suas expectativas iniciais. Essas atividades podem contribuir também para que o comportamento dos estudantes assuma uma postura mais participativa, favorecendo e ampliando as possibilidades de ação do professor.

Entre tais possibilidades, o diálogo didático pode encarregar-se da responsabilidade de contribuir para que o aprendiz supere seu saber relacionado ao senso comum por meio de um processo metódico e rigoroso que o dirige a uma superação em busca de um “pensar certo”.

O professor deve ter ciência da importância da promoção da curiosidade ingênua à curiosidade epistemológica, mas não deve desprezar os valores do indivíduo.

> Nenhuma formação docente verdadeira pode fazer-se alheada, de um lado, do exercício da criticidade que implica a promoção da curiosidade ingênua à curiosidade epistemológica, e do outro, sem o reconhecimento do valor das emoções, da sensibilidade, da afetividade, da intuição ou adivinhação. Conhecer não é, de fato, adivinhar, mas tem algo que ver, de vez em quando, com adivinhar, com intuir. O importante, não resta dúvida, é não pararmos satisfeitos ao nível das intuições, mas submetê-las à análise metodicamente rigorosa de nossa curiosidade epistemológica. (FREIRE, 1996, p. 20)

Entendemos que o professor que tem ciência da necessidade de transpor a consciência ingênua do estudante deve instigar a curiosidade dos alunos e sua própria curiosidade, ambas, num processo investigativo. Ou seja, que por meio do exercício da criticidade se produza a assimilação de conceitos que não podem ser representados experimentalmente – por melhor que seja o equipamento experimental -, mas que tal assimilação possa ser alcançada por meio do processo investigativo acerca do experimento adotado pelo professor. De maneira que se evite que o estudante receba determinados conceitos e apenas deposite-os em sua

mente, mas que procure submetê-los a uma análise mais rigorosa movida pela sua curiosidade que, aos poucos, se torna epistemológica.

A curiosidade epistemológica tem para Freire (2003) um papel fundamental no processo ensino-aprendizagem, pois concentra em si condições essenciais para sua conquista. Entre as condições, a rigorosidade metódica contempla não apenas o sucesso na superação da curiosidade ingênua, mas a aproximação do saber científico.

> Não é a curiosidade espontânea que viabiliza a tomada de distância epistemológica. Essa tarefa cabe à curiosidade epistemológica – superando a curiosidade ingênua, ela se faz mais metodicamente rigorosa. Essa rigorosidade metódica é que faz a passagem do conhecimento do senso comum para o do conhecimento científico. Não é o conhecimento científico que é rigoroso. A rigorosidade se acha no método de aproximação do objeto. A rigorosidade nos possibilita maior ou menor exatidão no conhecimento produzido ou no achado de nossa busca epistemológica. (FREIRE, 2003, p. 78)

Entendemos que as atividades de demonstração experimental podem representar uma estratégia didática que concentra entre seus objetivos a ocasião de exercitar a curiosidade do estudante a fim de torná-la mais e mais crítica a cada oportunidade. Mesmo para aquele estudante que apenas o fascínio é recorrente, o exercício terapêutico da curiosidade pode contribuir na ordenação de sua desordem intelectual e fazê-lo transcender suas dificuldades.

> O exercício da curiosidade a faz mais criticamente curiosa, mais metodicamente “perseguidora” do seu objeto. Quanto mais a curiosidade espontânea se intensifica, mas, sobretudo, se “rigoriza”, tanto mais epistemológica ela vai se tornando. (FREIRE, 1996, p. 34)

É nesse contexto e com tais finalidades que pretendemos explorar as atividades de demonstrações experimentais surpreendentes. Não acreditamos que tais experimentos sejam capazes de representar um conceito ou substituir um conteúdo, apenas acreditamos que essas práticas podem explorar as expectativas do aprendiz de modo que este questione certas informações que lhe são passadas, resgatando o sujeito de sua passividade no processo educacional.

Consideramos que estas atividades sejam realmente promissoras para o estabelecimento de diálogos potencialmente didáticos tanto para o professor quanto para os alunos.

É exatamente este diálogo que deve ser colocado em primeiro lugar entre os objetivos dessas atividades. Pois não faria sentido práticas dessa natureza sem a respectiva problematização dos efeitos que não se restringem na ação e na verificação. Por isso, se faz necessário reiterar a importância do diálogo.

Para Freire (2003), o diálogo entre professor e alunos é fundamental para o desenvolvimento da “curiosidade epistemológica” e representa a base principal do conhecimento. Segundo Freire (1987) a problematização se dá por meio do diálogo. O problema em si pode partir de uma realidade concreta, mas a problematização se faz por meio da criticização dessa realidade que, por sua vez, se faz por meio do diálogo. Ou ainda,

> No fundo, em seu processo, a problematização é a reflexão que alguém exerce sobre um conteúdo, fruto de um ato, ou sobre o próprio ato, para agir melhor, com os demais, na realidade. [...] Não há problematização sem esta última. (Daí que a própria discussão sobre o além deva ter, como ponto de partida, a discussão sobre o aqui, que, para o homem, é sempre um agora igualmente). (FREIRE, 1983, p. 57)

Assim a exposição do conhecimento no processo da educação não deve renunciar a didática dialógico-problematizadora. Freire (1983) salienta:

> Se a educação é dialógica, é óbvio que o papel do professor, em qualquer situação é importante. Na medida em que ele dialoga com os educandos, deve chamar a atenção destes para um ou outro ponto menos claro, mais ingênuo, problematizando-os sempre. Por quê? Como assim? Que relação vê você entre sua afirmação feita agora e a de seu companheiro ‘A’? Haverá contradição entre elas. Por quê? (FREIRE, 1983, p. 35)

Em nosso contexto deste trabalho os conceitos envolvidos nas demonstrações experimentais – impossíveis de nelas serem representados - não são “entregues” aos estudantes por meio de mera transcrição no quadro negro ou por discursos corriqueiros. Muito menos neles enraizados por meio de exercícios de fixação, mas assimilados por meio do partilhamento de reflexões, confrontamento de opiniões, discussões e tudo aquilo que um diálogo pode comportar.

2.3. A surpresa e o interesse configurando um desafio

Discutimos anteriormente alguns aspectos negativos e positivos que se relacionam com a manifestação da surpresa no processo de aprendizagem. Obviamente, podemos encontrar outros aspectos que acabem, por exemplo, favorecendo a perspectiva positiva na manifestação de surpresa em detrimento da negativa, mas não é este o nosso objetivo. Focamo-nos, dentro de nossa análise, em tomar conhecimento das “armadilhas” que se dispõem nesse terreno (o da dimensão surpreendente) com o objetivo de nos munir da capacidade de calcular nossa ação, afinal, os resultados surpreendentes de alguns experimentos de demonstração são realmente interessantes e utilizados por professores! Mas a questão é: quanto significativos podem ser no processo da aprendizagem?

Acreditamos que os principais aspectos negativos que podem se relacionar com a manifestação da surpresa no processo da aprendizagem esteja ligado com os eventuais obstáculos à aquisição do conhecimento científico que podem se destacar no decurso de atividades com esta conotação - que brevemente apresentamos na análise do obstáculo primeiro apontado por Bachelard. Já os aspectos positivos, permitem maior exploração.

Com Paulo Freire exibimos uma gama de idéias e concepções acerca da curiosidade e do diálogo. Entendemos que o estabelecimento da curiosidade e do diálogo profundos (envolventes e significantes) implicam no real interesse das partes que neles se envolvem.

A espontaneidade adviria do interesse, ou melhor, da necessidade que habita no indivíduo que pode ser provocada, segundo Ramos (1990), por meio de desafios.

> Em geral, os desafios (charadas, problemas, quebra-cabeças) [...] são suficientes para gerar um interesse em procurarmos a solução. [...] podemos lançar mão desta prática, através de conteúdos que envolvam a Física, tomando o cuidado [...] de não transformar esta prática em mais uma forma artificial para o ensino [...] (p. 33)

Ora, convenhamos que as atividades de demonstrações experimentais que permitam a manifestação da surpresa podem perfeitamente atuar de forma desafiadora sobre os estudantes. Afinal, elas geralmente contrariam suas

concepções iniciais sobre determinado conhecimento. Tais atividades proporcionam certo desafio ao sujeito – diante de resultados divergentes de suas expectativas - e contribuem para o destacamento da necessidade de compreensão do indivíduo de forma a tornar possível sua expressão sobre tais verificações. Além de representar aos estudantes uma oportunidade que pouco se assemelha a superficial discussão e transcrição de conhecimentos, usuais no ensino tradicional – também importantes para o processo de aprendizagem, mas não restrito a eles.

Atividades surpreendentes no ensino de Física podem ser realmente significantes se cumprirem o papel de “buscar” em cada indivíduo uma necessidade interna de dedicação a fim de tomar seu interesse como via de acesso à curiosidade, pois esta é aquela que permite ser “criterizada” ao ponto de tornar-se epistemológica.

Da mesma forma que citada por Ramos (1990) no contexto de seu trabalho, a seguinte frase é perfeitamente ajustável ao contexto deste: “Não se trata de utilizar estes instrumentos como atrativos ao ensino, mas de permitir acesso ao conhecimento também através deles.”

CAPÍTULO III

SURPRESA: IDENTIFICAÇÃO E POSSIBILIDADES

3.1. Verificando a manifestação da surpresa

Nas atividades didáticas em sala de aula, podemos dizer que existem pelo menos duas formas de se verificar os indícios da surpresa, pois podem ser observados em dois principais tipos de manifestação: comportamental; ou verbal de expressão. Porém, quando se trata da verificação desses indícios em um grupo de pessoas (como é o nosso caso), convém ainda dividir essas duas formas em duas modalidades: a individual; e a coletiva.

É conveniente considerar e separar a manifestação da surpresa no âmbito individual e coletivo, pois, por exemplo, em uma sala de aula, se a surpresa se manifesta apenas numa pequena parcela do grupo, a análise dessa manifestação traz mais significado se for considerada como provocações individuais. Se ela se manifesta na maior parte do grupo, sua análise pode ser mais significativa se considerada como manifestação coletiva.

Seja a manifestação constatada a nível individual ou coletivo, as referências para tal podem ser representadas, se comportamental, por atitudes corporais tais como: olhares espantados, sorrisos espontâneos e expressões desconfiadas; ou, se verbais de expressão, por indagações desprovidas de verbo e sujeito, do tipo: “como?”; “Que jeito?”; “Por quê?”...

Tais manifestações (comportamentais e verbais) não necessariamente ocorrem como eventos separados. Procuramos apenas algumas referências que buscam definir meios pelos quais se podem identificar indícios da presença da surpresa em práticas de atividades didáticas.

Desse modo, identificada a manifestação da surpresa por meio de tais referências, as possibilidades de ação do professor são flexíveis, mas bastante semelhantes.

3.2. Oportunidades significativas à ação do professor

Identificada a presença da surpresa em uma determinada atividade didática como, por exemplo, durante uma demonstração experimental, é importante que o professor a utilize como a base de um diálogo com os estudantes. Alimentando esse diálogo seja em qual nível ocorrer à manifestação da surpresa.

CAPÍTULO IV

ELETRÓFORO: UM EXPERIMENTO SURPREENDENTE

4.1. Breve descrição do aparelho

O Eletróforo é um aparelho constituído de um conjunto que contem: uma base (constituído de material isolante); e um disco metálico ao qual se encontra fixado um cabo (também de material isolante) em sua região central. A figura 1 traz a ilustração esquemática do aparelho que é largamente conhecido como Eletróforo de Volta.

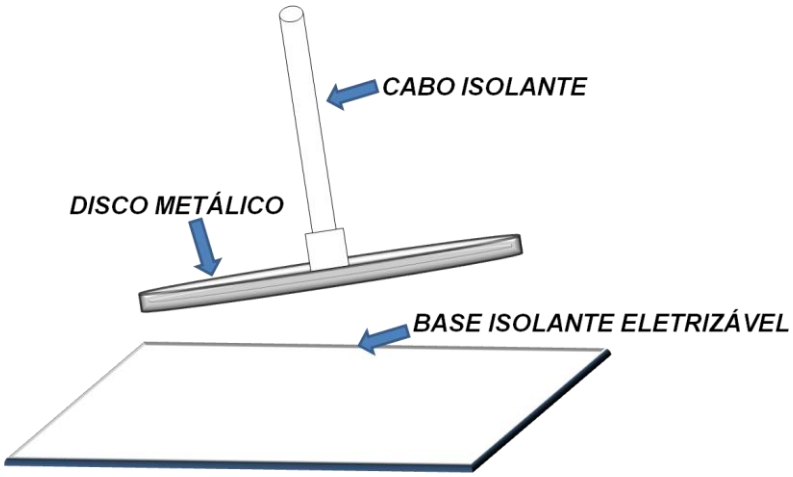


Figura 1 - Eletróforo de Volta.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

A denominação Eletróforo de Volta que é dada ao aparelho é divido ao fato dele ter sido inventado pelo cientista italiano Alessandro Volta no ano de 1775. Hoje em dia este equipamento é considerado o precursor das máquinas de indução eletrostática. Por meio de operações simples é possível obter cargas suficientes para experimentos com eletrostática. Devido ao fato de que é possível recarregar o disco condutor repetidas vezes, sem a necessidade de atritar a base isolante, Volta denominou seu invento de “eletróforo perpétuo” (MEDEIROS, 2002)

A simplicidade relacionada aos materiais que podem ser utilizados na constituição do aparelho torna o mesmo um ideal instrumento para a realização de

atividades que podem ser desenvolvidas tanto em laboratórios, como em demonstrações experimentais em salas de aula.

A foto 1 mostra o Eletróforo que construímos com materiais de baixo custo e fácil acesso para a realização deste trabalho. Basicamente ele se constitui de uma forma de pizza, um pedaço de tubo de PVC e uma placa também de PVC que é utilizada como base.

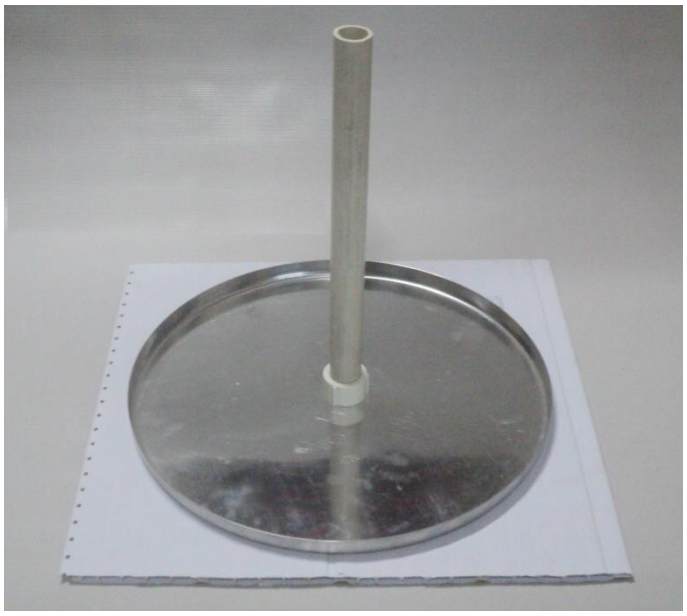


Foto 1 - Eletróforo construído com materiais de baixo custo.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

4.2. Como operar o aparelho

É interessante que se procure utilizar como bancada de trabalho uma mesa que acomode o conjunto disposto lado a lado, ou seja, com a base de PVC (forro) separada da parte metálica (forma de pizza). Com o conjunto ainda nesta disposição, eletriza-se a placa de PVC por atrito utilizando-se um pedaço de papel higiênico para atritar a placa. Depois de realizada essa etapa, e segurando-a pelo cabo (tubo de PVC), coloca-se a parte metálica sobre a base de PVC e, estando o operador aterrado, encosta-se um dos dedos da mão na parte superior do disco metálico. Nesse momento percebe-se uma leve descarga elétrica (choque) entre o disco e o dedo do operador e o disco fica eletricamente carregado.

Segurando novamente pelo cabo do aparelho, afasta-se o disco de metal da base de PVC sendo, agora, possível eletrizar corpos por meio do simples contato

com o disco (forma de pizza) ou apenas efetuar descargas elétricas entre a parte metálica e corpos aterrados.

Para recarregar a parte metálica do aparelho (após se ter utilizado da carga advinda do primeiro processo) não é necessário atritar novamente o papel higiênico na placa de PVC, basta depositar novamente a parte metálica sobre a base e tocar novamente com um dos dedos para que o metal se carregue. Pois as cargas decorrentes da eletrização pelo atrito inicial podem permanecer na base do aparelho por um longo período de tempo, apenas se perdem por meio do contato com o ar[1].

4.3. Porque o Eletróforo é surpreendente?

Atribuímos ao Eletróforo a característica surpreendente pelos seguintes motivos:

I. Após se realizar uma aula onde se aborde os processos de eletrização por contato, atrito, e indução e, mesmo descrevendo o processo de operação do aparelho - ou seja, relatando que será friccionado o papel higiênico sobre a superfície de PVC, depositada a parte metálica sobre essa superfície e estabelecido um contato com o dedo na parte superior do equipamento -, raramente algum aluno consegue descrever aquilo que deve ocorrer e se surpreendem com o resultado (grande concentração de cargas na parte metálica do aparelho);

II. Os estudantes se surpreendem quando descobrem que a eletrização da parte metálica ocorre por indução;

III. Ao serem chamados para ajudar no processo da eletrização muitos estudantes ficam surpresos com a descarga elétrica que ocorre entre o dedo e a placa metálica, pois jamais esperam tal eficiência de um aparelho aparentemente simples;

IV. Após a descarga elétrica que carrega o aparelho, a maioria dos estudantes costuma se surpreender com a segunda descarga – que se dá após o

[1] Por isso em dias cuja umidade do ar encontra-se elevada o experimento tem baixa eficiência, pois essa umidade contribui facilitando o descarregamento da base do aparelho. Sendo assim, recomenda-se sua utilização em “dias secos” ou em salas climatizadas por ar condicionado – que retiram a umidade do ar.

afastamento entre a parte metálica e a base do aparelho e que ocorre por meio de um novo contato com a parte metálica;

V. Diante a possibilidade de se realizar o contato com uma lâmpada de neon ou fluorescente com o aparelho e a mesma piscar;

VI. Ao curvar um filete d'água ou ao carregar um capacitor utilizando-se o Eletróforo para isso.

Na atividade que será mais adiante relatada, entre as demonstrações, a ocasião que primeiro manifestou a surpresa nos alunos foi a pequena descarga elétrica que ocorre quando, após ter eletrizado por atrito a base isolante do aparelho e depositado a forma metálica sobre a mesma, aproxima-se um dos dedos da parte superior da forma. A foto 2 mostra uma pequena faísca elétrica entre o dedo do operador e a parte metálica do Eletróforo durante o processo de eletrização do aparelho (a seta destaca o fenômeno).

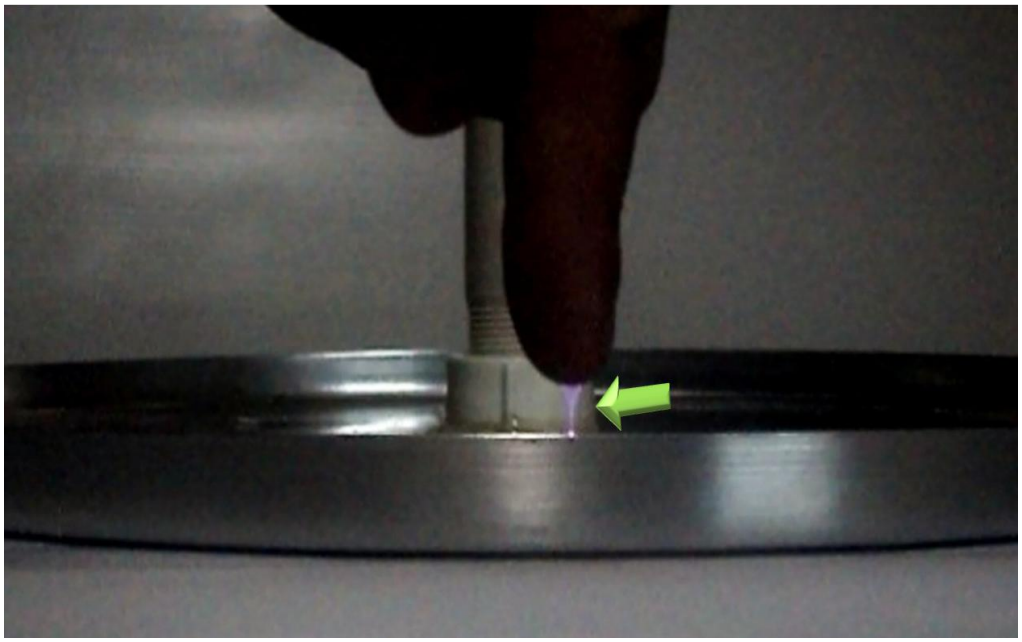


Foto 2 - Faísca elétrica resultante do processo de eletrização do Eletróforo.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

Os alunos não apenas previam que a eletrização se daria pelo contato entre a forma metálica e a base isolante, como não previam a possibilidade de levar um pequeno choque ao aproximar o dedo da parte metálica. A surpresa manifestou-se nos estudantes tanto pela divergência de suas previsões relacionadas com a forma de eletrização, quanto no fato de levar um choque de uma forma de pizza.

A segunda ocasião (agora relacionada com a previsão do processo de eletrização) na qual os estudantes se surpreenderam foi a segunda pequena descarga elétrica que ocorre quando a parte metálica do Eletróforo já se encontra afastada de sua base isolante. Como eles imaginavam que a forma se carregava eletricamente por meio do contato com a base, o primeiro choque representava a deseletrização do equipamento. Assim, a segunda descarga elétrica também não era por eles prevista.

Nessa segunda ocasião, alguns estudantes se mostram receosos em tocar na forma do Eletróforo, mas a maioria realmente não prevê o fenômeno.

4.4. Explicação física – Conceitos fundamentais

4.4.1. Carga elétrica e átomo

Toda matéria é constituída de átomos que são eletricamente neutros. Cada átomo é constituído de prótons, nêutrons e elétrons. Atribui-se ao elétron uma unidade de carga denotada por - e cujo valor é dado em coulomb (C). A carga do elétron possui módulo igual a da carga do próton, mas sinal oposto. Ou seja, a carga elétrica é uma grandeza quantizada e atribuímos, para o elétron, a carga - e e, para o próton, a carga + e (e é denominada *unidade fundamental de carga elétrica* e vale 1, 602177 x 10^{-19} C ≈ 1,60 x 10^{-19} C). Apenas os nêutrons são desprovidos dessa propriedade elétrica (TIPLER e MOSCA, 2006).

Outra característica importante dos átomos é a disposição com a qual essas partículas elementares se configuram. Supõe-se que os prótons e os nêutrons ocupem uma região denominada núcleo atômico (região central do átomo) que é carregado positivamente. Portanto, os prótons e os nêutrons constituem o núcleo atômico – a única exceção é para a forma mais comum de hidrogênio (prótio) que não contêm nêutron em seu núcleo. Já os elétrons ocupam uma região denominada eletrosfera que compreende um determinado espaço ao redor do núcleo onde descrevem aleatoriamente movimentos que podem ser, aproximadamente, definidos como circulares (HEWITT, 2002).

Outras características da carga elétrica e dos átomos (TIPLER e MOSCA, 2006):

- Cargas de modalidades diferentes se atraem; de mesma modalidade se repelem.
- Normalmente os átomos possuem o mesmo número de prótons e elétrons sendo, portanto, eletricamente neutros.
- A quantidade de cargas em um sistema eletricamente isolado é constante (Princípio da Conservação da Carga Elétrica).
- Qualquer carga Q ocorrente na natureza pode ser descrita pela expressão $Q = \pm N \times e$.

Os prótons, os nêutrons e algumas outras partículas elementares são constituídos, no modelo padrão de partículas elementares, por partículas ainda mais fundamentais: os quarks - que possuem cargas de ± 1/3 e ou ± 2/3 e. “Apenas são conhecidas as combinações dessas partículas que resultam em cargas de $\pm N \times e$ ou 0” (TIPLER e MOSCA, 2006, p. 3).

4.4.2. Eletrização por atrito

Dois corpos constituídos de materiais diferentes podem ser carregados eletricamente por meio do atrito entre eles. Isso ocorre porque durante o atrito entre dois materiais diferentes os elétrons se transferem de um corpo para outro de modo que, ao cessar o contato entre eles, um apresenta-se com excesso de elétrons e o outro com falta de elétrons. Dizemos que o corpo que se apresenta com excesso de elétrons fica carregado negativamente enquanto o outro, com falta de elétrons, fica carregado positivamente (HEWITT, 2002).

É isso que ocorre quando atritamos o papel higiênico na placa que constitui a base do Eletróforo. Ao cessar a fricção entre o papel higiênico e a placa de PVC, a placa fica eletrizada, por exemplo, com carga negativa e o papel higiênico fica eletrizado com carga positiva. Isso significa que uma quantidade $Q = N \times e$ de elétrons se transferiu do papel higiênico para a placa de PVC e ambos ficaram carregados com o mesmo $|Q|$.

4.4.3. Indução eletrostática em materiais condutores

Consideremos a situação em que um corpo condutor descarregado (figura 2 – situação 1) é aproximado de outro corpo eletricamente carregado com cargas positivas (figura 2 – situação 2). Observa-se que os elétrons livres do condutor fluem

para sua extremidade mais próxima do corpo carregado positivamente estabelecendo uma resultante negativa de cargas nesta região enquanto, em sua extremidade oposta, adquire uma resultante de mesmo valor, porém de sinal oposto. Nesta situação dizemos que o corpo A (denominado indutor) induziu a separação de cargas no corpo B (induzido) que ficou eletricamente polarizado.

Se o corpo indutor estivesse inicialmente carregado com cargas negativas, a polarização em B se daria de modo semelhante, porém o pólo positivo e negativo apenas estariam invertidos.

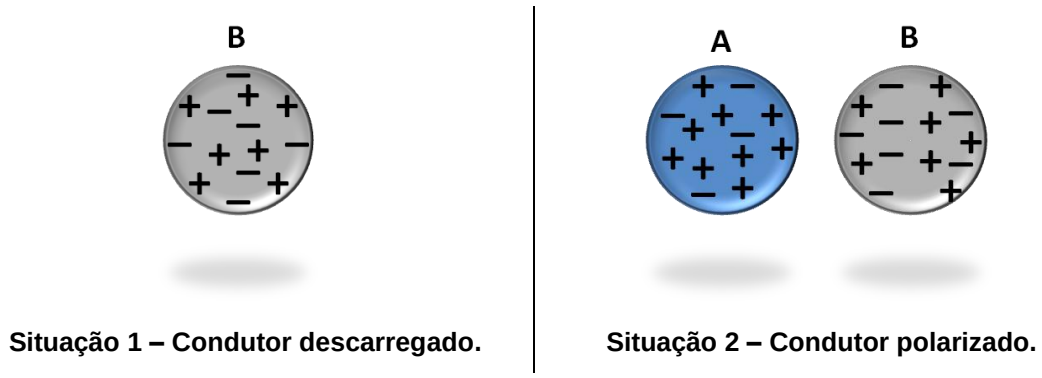


Figura 2 - Representação esquemática da indução eletrostática em um condutor.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

A configuração de cargas que está representada na figura 2, usualmente é ilustrada como mostra a figura 3.

Figura 3 - Representação usual da indução eletrostática em um condutor.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

É isso que ocorre quando depositamos a parte metálica do Eletróforo sobre a base de PVC. Nesta situação podemos dizer que a base encontra-se carregada (pois foi anteriormente atritada com o papel higiênico) negativamente e, ao depositarmos a parte metálica sobre a base, o metal se polariza de modo que em

sua parte inferior se concentra maior número de cargas positivas, enquanto sua parte superior fica com excesso de cargas negativas, portanto polarizado.

4.4.4. Eletrização por indução

A eletrização por indução eletrostática se dá por meio da situação descrita anteriormente. Pois por meio dela (onde um determinado corpo encontra-se polarizado) podemos fornecer - ou subtrair, dependendo de onde se aterre o corpo induzido - certa quantidade de elétrons para o corpo que se tornará eletricamente carregado. Podemos entender esse processo considerando a atração entre cargas opostas e a repulsão entre cargas de mesmo sinal.

Neste ponto é importante citar a capacidade que a Terra tem em fornecer ou subtrair cargas elétricas. Pois por se tratar de um corpo de grandes dimensões, ela pode doar ou recolher elétrons de corpos condutores que se encontrem polarizados ou carregados bastando apenas que se estabeleça um ponto de contato entre tal corpo e sua superfície (HEWITT, 2002). Em um diagrama elétrico este ponto de contato é geralmente ilustrado pelo símbolo que está representado na figura 4 (situação 2 - abaixo da palavra “TERRA”) – apenas este símbolo será utilizado nas figuras que se seguem para indicar o ponto de aterramento. A figura 4 ilustra - na situação 1 - o corpo B polarizado por meio da indução que o corpo A realiza sobre ele; a situação 2, representa a eletrização do corpo B que se dá por meio do aterramento que se faz na região oposta deste corpo; já na situação 3, está ilustrado o corpo B eletricamente carregado com carga oposta a do corpo A indutor. (A figura 5 traz a representação usual que está ilustrada na figura 4)

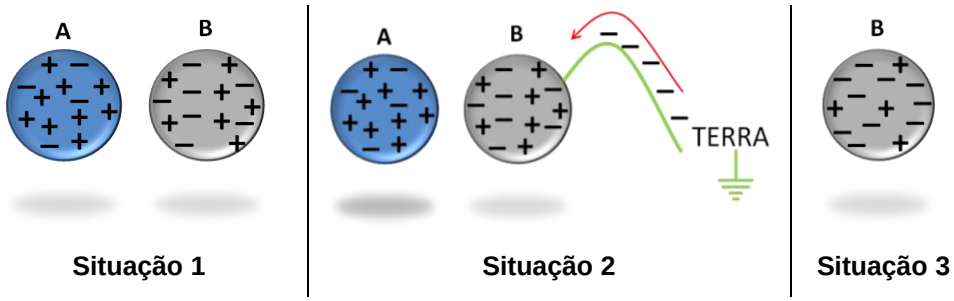


Figura 4 - Ilustração do processo de eletrização por indução.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

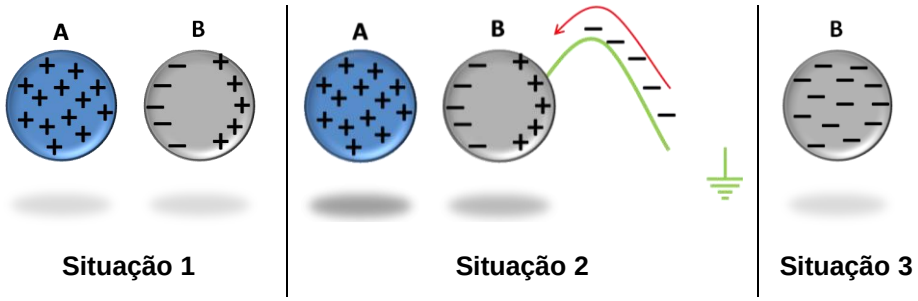
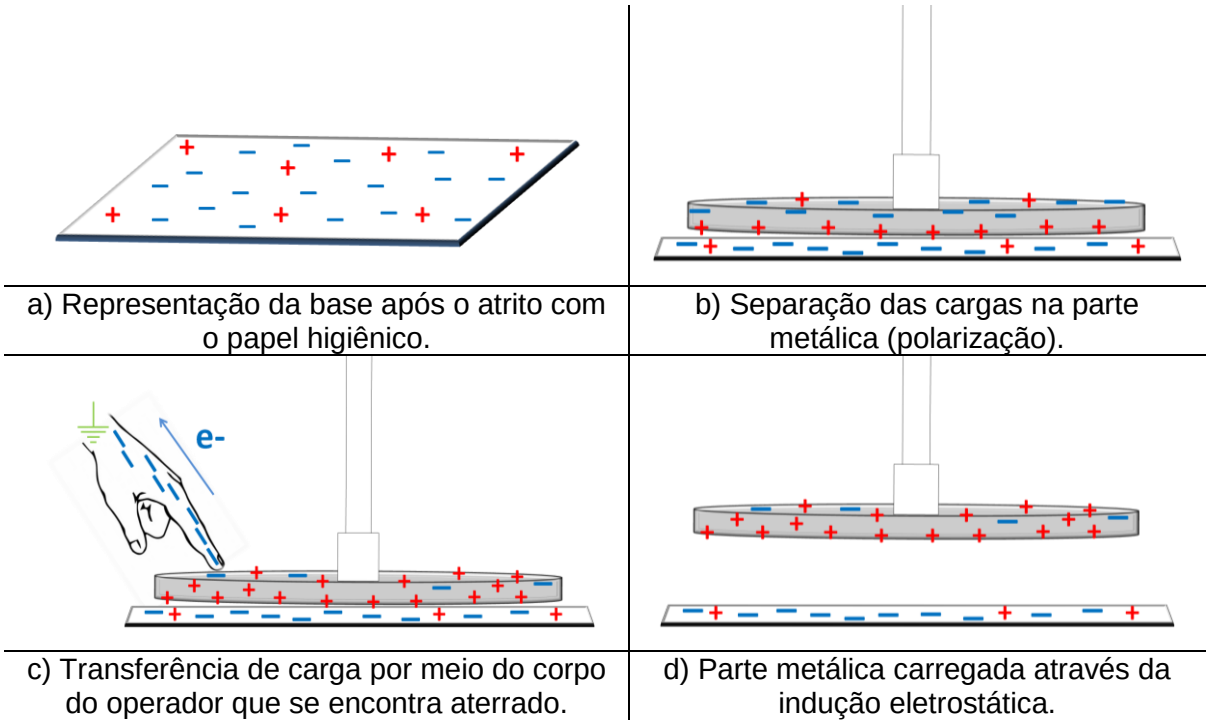


Figura 5 - Ilustração usual do processo de eletrização por indução.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

Da mesma forma que nos casos anteriores, é isso que ocorre quando tocamos com um dos dedos a superfície superior da parte metálica do Eletróforo. Porém, neste caso, quem estabelece o contato com a Terra é o corpo de quem opera o aparelho.

Ou seja, quando tocamos com o dedo na parte metálica, estamos dispondo um caminho por onde os elétrons podem fluir para um grande reservatório de carga elétrica – o solo (HEWITT, 2002).

A figura 6 traz uma ilustração esquemática da eletrização por indução que ocorre na parte metálica do Eletróforo durante todo o processo de eletrização do equipamento.



a) Representação da base após o atrito com o papel higiênico.

b) Separação das cargas na parte metálica (polarização).

c) Transferência de carga por meio do corpo do operador que se encontra aterrado.

d) Parte metálica carregada através da indução eletrostática.

Figura 6 - Representação do processo de eletrização por indução no Eletróforo.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

É interessante ressaltar que, no caso ilustrado na figura 4, um pequeno detalhe no processo de eletrização por indução poderia resultar na eletrização do corpo B com cargas de mesmo sinal que as do corpo A. A figura 7 ilustra este detalhe na situação 2. Neste caso, ao final do processo de eletrização, o corpo B fica carregado também com cargas positivas.

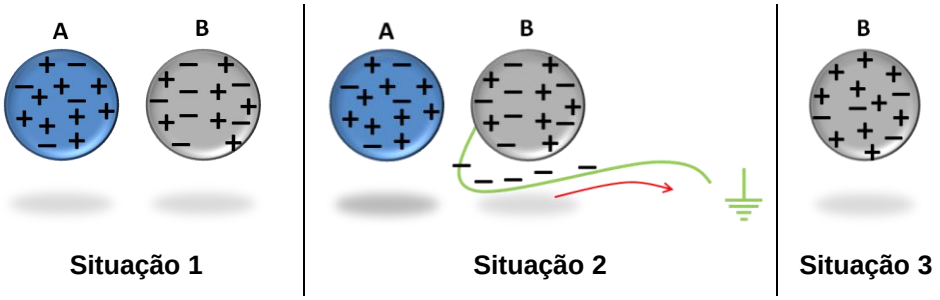


Figura 7 - Ilustração do processo de eletrização por indução.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

Da mesma forma como nos casos anteriores, a figura 8 ilustra a representação usual da configuração de cargas ilustrada na figura anterior.

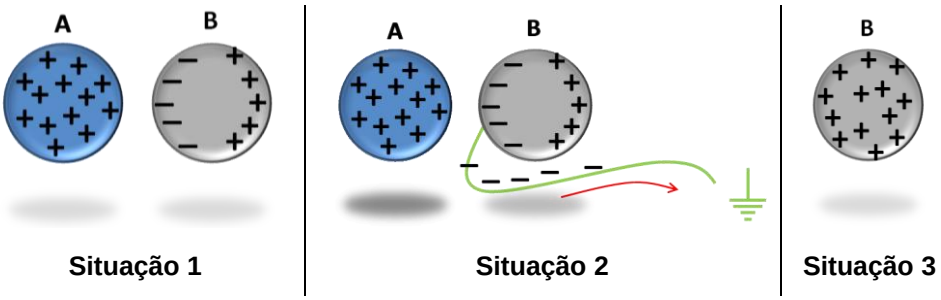


Figura 8 - Ilustração usual do processo de eletrização por indução.
Fonte: Autor REISS, M. 2011.

A região onde se estabelece o aterramento do condutor polarizado determina a modalidade da carga elétrica que eletrizará o corpo induzido.

CAPÍTULO V

ATIVIDADE REALIZADA COM O ELETRÓFORO

Antes de relatar a atividade que pretendo, é interessante mencionar que a manifestação da surpresa que a demonstração desse experimento proporciona já havia sido por mim detectada outras vezes, mas em duas oportunidades como professor. Porém, nessas oportunidades, o público com o qual me relacionei não constituía um grupo de alunos do ensino médio e, muito menos, estavam inseridos em um contexto regular de conteúdos e conceitos físicos relacionados com a eletricidade estática. Em uma das oportunidades citadas, a atividade que realizei com o Eletróforo se deu durante um mini-curso - oferecido a toda comunidade da UNESP do Campus de Rio Claro no ano de 2010 - no qual tive a oportunidade de trabalhar com uma docente (na condição de aluna) do Departamento de Educação Física. A outra ocasião se deu durante o acompanhamento de uma atividade que foi realizada pelo professor de Física do curso de Pedagogia da UNESP – Campus de Rio Claro - na qual eu e um colega de estágio (na condição de “monitores”) o ajudamos no desenvolvimento de uma oficina de eletrostática que foi aplicada com as (os) alunas (os) do primeiro ano do curso referido- também em 2010.

Nessas duas ocasiões observei que a manifestação da surpresa se deu:

i. Pela descarga elétrica (choque) que ocorre entre o aparelho e o dedo da pessoa que opera (tanto no momento da carga como no da descarga);
ii. Pela constituição do aparelho, ou seja, pelo fato de uma forma de pizza fornecer descargas elétricas;
iii. Pela capacidade de armazenamento de carga elétrica que a forma assume - suficiente para fazer uma lâmpada de néon piscar;
iv. Quando descobriam que a eletrização do aparelho não se dava por contato – ou seja, divergência de suas previsões.

Desse modo, quando decidi apresentar alguns experimentos com a utilização do Eletróforo em uma aula com um grupo do terceiro ano do ensino médio, já esperava que houvesse a manifestação da surpresa diante tais demonstrações, mas calculava que seria um pouco diferente. Ou seja, por se tratar de um grupo que já

vinha estudando os fenômenos relacionados com a eletrostática, imaginei que seria possível que algum aluno desvendasse a situação sem muita dificuldade.

Ainda antes de descrever a atividade, é interessante citar o contexto no qual ela foi inserida. Para isso, faz-se necessário mencionar que o grupo contava com duas aulas semanais de Física (de cinquenta minutos cada) em dias diferentes. Em uma das aulas, eu e um colega (como estagiários) realizávamos uma aula que expunha um determinado conteúdo e discutia alguns conceitos a ele relacionados e, na aula consecutiva, a professora regular (e, no caso, nossa supervisora de estágio) corrigia os exercícios que ficavam como lição de casa da aula anterior – que estavam presentes no livro didático adotado pela escola – e solucionava eventuais dúvidas dos alunos.

Nosso trabalho (meu e do colega - estagiários) com o grupo do terceiro ano envolvido neste relato iniciou-se em meados do mês de abril deste ano, exatamente com o início da Unidade de Eletrostática do livro adotado pela escola.

Até o final do primeiro semestre, o grupo já havia estudado os seguintes temas (e os respectivos conteúdos a eles relacionados): Carga Elétrica; Processos de Eletrização; Força Eletrostática; Campo Elétrico (neste caso dividido em três frentes – com uma única carga, com várias cargas e campo elétrico uniforme); e Potencial elétrico (dividido em duas frentes apenas pela extensão da abordagem presente no livro). Todos esses temas foram apresentados ao grupo (e aproximadamente na mesma seqüência - tradicional nos livros didáticos de Física) e discutidos no primeiro semestre com exceção da segunda parte sobre potencial elétrico.

Também é importante citar que o grupo participou de duas atividades que se realizaram no laboratório que a escola dispõe onde desenvolveram práticas com os materiais experimentais que compõe os kits de eletrostática da escola – a ela disponibilizados devido sua parceria no Programa Institucional de Iniciação à Docência PIBID – CAPES – UNESP. Em tais oportunidades desempenhamos com o grupo alguns trabalhos que objetivavam a interação dos alunos com os temas abordados em sala de aula. Entre os experimentos com os quais o grupo teve contato, estão: o eletroscópio de folha; o pêndulo eletrostático simples; e o pêndulo eletrostático duplo. Com isso resumimos parcialmente todas as atividades relacionadas a eletrostática as quais o grupo teve contato durante o primeiro semestre.

Na primeira aula do segundo semestre foi finalizado o tema Potencial Elétrico e, como o próximo tema se referia a corrente elétrica (dando inicio a parte de eletrodinâmica), decidiu-se realizar uma aula que possibilitasse a recapitulação de toda a eletrostática. Foi nesta ocasião e com esta finalidade que o eletróforo foi utilizado na aula que será relatada.

Portanto, a aula que se refere à prática com o Eletróforo, foi uma atividade que tinha como objetivo a revisão de todos os conceitos até então discutidos.

Ainda, antes de darmos continuidade, é conveniente esclarecer que o relato que a seguir será apresentado é produto das recordações de tal atividade com contribuições de uma intensa reflexão sobre a mesma. Ou seja, procuramos suscitar a lembrança de todos os detalhes do fato abordado e, dele, tiramos algumas suposições, mas nenhum trecho desse relato deve ser considerado ou confundido com transcrições fieis da experiência descrita.

5.1. O relato da atividade realizada no Ensino Médio[2]

[1] Inicialmente, uma vez que os alunos esperavam dar início ao estudo da eletrodinâmica (com a abordagem sobre o tema Corrente Elétrica), os estudantes foram informados que, na ocasião, seria realizada uma atividade que tinha como objetivo fazer uma recapitulação de alguns conceitos relacionados com a eletrostática.

[2] Ao Informamos sobre a atividade que seria realizada, os alunos concordaram, mas um aluno se manifestou de forma que desconsiderava a necessidade de tal prática, pois se exprimiu por meio de frases cujo significado se resume no fato que, para esse aluno, o estudo da eletricidade estática tem menos importância que o estudo dos circuitos elétricos. Contudo esse aluno apenas expôs sua opinião e não se negou de participar da atividade. Pelo contrário, devido ao nível de sua participação (bastante atuante) passaremos a nos referir a ele apenas por A1.

[3] Antes de iniciar a atividade foram fornecidas certas informações aos alunos acerca do aparelho, a composição do mesmo e os procedimentos envolvidos, tais como: as peças que compunham o conjunto; a constituição de cada uma delas -

[2] O relato será descrito com parágrafos numerados para facilitar a avaliação dos resultados.

sem fazer menção aos tipos de materiais (isolantes ou condutores); e a descrição detalhada do procedimento que seria realizado – permitindo variações. Eventuais omissões iniciais - entre elas sobre a finalidade do aparelho e sua própria denominação - não teve o objetivo de dificultar ou atrapalhar a compreensão dos alunos, mas a intenção de verificar a capacidade que eles tinham de extrair algumas informações por meio de conceitos já abordados e que seriam importantes para realização da analise física do aparelho.

[4] Sem dizer que se pretendia carregar eletricamente qualquer peça do aparelho, a realização da atividade deu início pelo seguinte processo:

i. Foi dito aos estudantes que certa quantia de papel higiênico seria usada para *esfregar* a base do aparelho de modo que este ficasse completamente livre de poeira;
ii. Depois de realizada a “limpeza” da base foi depositada sobre a mesma a parte metálica (forma) do aparelho;
iii. Eu disse aos alunos que iria tocar a parte superior da forma com o dedo (etapa que realizei rapidamente e enquanto me comunicava com os alunos – para que eles não ouvissem o pequeno estalo da descarga elétrica);
iv. Perguntei aos estudantes o que eles achavam que iria ocorrer quando eu afastasse o disco metálico do Eletróforo de sua base.

[5] A sala permaneceu em silêncio por alguns instantes até que, de modo repentino, o estudante A1 respondeu que não ocorreria nada. Então eu perguntei o que ocorreria se eu repetisse exatamente todo o procedimento, porém dispensando o ato de tocar (item iii do procedimento) com o dedo no disco de metal. Imediatamente o mesmo aluno respondeu que, neste caso, a peça metálica ficaria carregada.

[6] Com a intenção de mobilizar os outros estudantes a participar da discussão, eu estendi a pergunta indagando ao restante da sala se eles concordavam com a opinião do colega de classe. Alguns concordaram (poucos) e justificaram suas expectativas com base em experiências anteriormente realizadas com o eletroscópio, sendo que a maioria permaneceu calada, mas ninguém discordou.

[7] Sendo assim, eu indaguei ao grupo perguntando de que modo nós poderíamos verificar, após os dois diferentes procedimentos citados, se o disco tornava-se um objeto eletricamente carregado, ou não. Alguns alunos que até então não tinham participado da discussão imediatamente responderam dizendo que o eletroscópio de folha seria um bom aparelho para tal constatação. Porém eu os informei que não dispunha de tal equipamento naquela ocasião e solicitei que pensassem em outra maneira.

[8] Antes que outros alunos pudessem se expressar a respeito, o aluno A1 sugeriu que se aproximasse uma folha de caderno do disco de metal para verificar se este se encontrava eletricamente carregado. Mas quando indagado o porquê, apenas respondeu que, se o disco estivesse carregado ele “puxaria a folha”.

[9] Neste momento dediquei alguns minutos na reabordagem (apenas por meio de comentários e algumas representações no quadro) sobre carga elétrica, atração e repulsão e indução eletrostática em condutores e isolantes. Pois diante a recomendação dada pelo aluno A1, achei conveniente abordar o assunto.

[10] Ainda antes de dar início na realização da demonstração com o Eletróforo, indaguei os alunos sobre a possibilidade de se verificar a eventual carga armazenada no disco de metal utilizando-se, por exemplo, o próprio dedo da mão.

[11] A resposta de A1 foi imediata. Ele disse que se tentássemos fazer a verificação dessa maneira, mesmo que o objeto estivesse carregado, não chegaríamos à constatação, pois, segundo ele, nosso corpo descarregaria o aparelho sem que posse possível verificar sua eletrização.

[12] Indagando ao restante da sala sobre a opinião de A1, grande parte concordou (mas não a maioria). Um aluno ainda se referiu ao eletroscópio de folha dizendo que, quando o mesmo encontra-se eletricamente carregado, ao tocarmos o aparelho, este se descarrega e o fato pode ser verificado por meio da observação do comportamento da folha do mesmo, mas com relação ao eletróforo nada poderia ser observado. Portanto, segundo este aluno, com tal procedimento nós não saberíamos se o disco de metal estava carregado.

[13] Podemos dizer que este comentário reforçou o equivoco daqueles que já haviam concordado com o aluno A1 e convenceu mais uma parcela da classe, pois, ao indagar novamente a turma, desta vez, a maioria concordou com ele.

[14] Então, para dar início na demonstração, eu propus aos alunos as duas seguintes experiências:

i. Atrita-se a base do aparelho com papel higiênico, deposita-se o disco de metal sobre a base, afasta-se o disco novamente e verifica-se, primeiro com o auxilio da folha de caderno e depois com o próprio dedo, se o disco encontra-se ou não carregado eletricamente.
ii. Repete-se o mesmo procedimento, porém, desta vez, antes de afastar o disco metálico da base, coloca-se o dedo sobre o mesmo e, só após retirar o dedo, o disco é afastado da base (a verificação do possível armazenamento de carga se daria do mesmo jeito da primeira experiência).

[15] Os estudantes toparam e o aluno A1 se ofereceu para ajudar.

[16] Já na primeira experiência os alunos já se mostraram admirados ao constatarem que o disco metálico do Eletróforo não se carregava quando era apenas depositado sobre a base atritada e afastado novamente.

[17] Nesta ocasião, não convencidos, outros alunos manifestaram interesse e quiseram realizar o atrito na base e a verificação de sua eletrização. Eu sugeri aos alunos que deixássemos a discussão para depois para realizarmos a segunda experiência que havia sido proposta. Então o aluno A1, que na primeira experiência realizou as verificações, se ofereceu para operar o Eletróforo e, ao tocar com o dedo na parte superior do aparelho, foi surpreendido com um pequeno choque.

[18] Apesar de não causar dor ou qualquer outro problema, a pequena descarga elétrica foi suficiente para dar-lhe um pequeno susto que contribuiu para que todos os alunos quisessem se aproximar e manipular o aparelho, mas solicitei a calma dos estudantes para que pudéssemos terminar o procedimento.

[19] Agora grande parte dos alunos não se conteve sentada – até então a maior parte observava de seus lugares –, depois de afastar o disco metálico da base de PVC, pedi a outro aluno que verificasse a condição do mesmo. Primeiramente, com a folha de caderno, o aluno concluiu que o disco metálico encontrava-se carregado. Quando solicitado a fazer a verificação com o dedo, o aluno se mostrou um pouco desconfiado, mas topou realizar.

[20] Desta vez a descarga não teve o mesmo efeito que na primeira (como com o aluno A1), mas, mesmo assim, surpreendeu os alunos que aparentavam não acreditar em tal eficiência.

[21] A partir de então todos os alunos foram convidados a manipular o Eletróforo e experimentar outras situações com sua operação.

[22] Mantendo certa ordem de comportamento entre os estudantes, iniciei um diálogo didático com os alunos que, intercalando com a operação do aparelho, levantavam questões que eram discutidas e eventualmente relembradas de aulas anteriores. Nesse processo, procurei interagir com o maior numero possível de alunos de forma integrada, pois vários grupos se formaram (aleatoriamente) compondo um cenário aparentemente bagunçado. No entanto, não desprendi esforços na tentativa de reordenar a distribuição dos alunos em sala de aula, mas sim em identificar os principais equívocos conceituais entre eles (além dos que já haviam sido identificados) de modo que me possibilitasse uma ação realmente significativa a todos.

[23] Durante esse longo diálogo com os alunos (que se estendeu até o término da aula), mais uma vez a surpresa se manifestou nos estudantes. Desta vez, ao descobrirem que a eletrização do eletróforo não se dava por contato.

[24] Apesar de não ter sido uma tarefa simples de se realizar, acredito que consegui estabelecer um diálogo produtivo com o grupo e os resultados dessa prática serão descritos a seguir.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1. Considerações iniciais

Diferentemente do que se pode esperar, os resultados que aqui serão apresentados não se constituem de dados ou números que visam representar uma análise quantitativa sobre determinada experiência, mas de análise reflexiva sobre as principais ocorrências que foram observadas durante a atividade a fim de se destacar os aspectos qualitativos a ela associada.

Desse modo, comentaremos algumas reações dos alunos que ocorreram durante a prática da atividade (presentes na descrição da mesma), a elas faremos algumas considerações e, sempre que possível, buscaremos nos fundamentar nas obras dos autores em que se baseia este trabalho.

6.2. Resultado da atividade

Iniciaremos nossa análise com uma breve reflexão da atitude do aluno A1que se manifestou desconsiderando a necessidade da atividade que propus. Pois não era esperado que a proposta de trabalho com o Eletróforo em sala de aula pudesse ser considerada desnecessária por algum aluno.

Em todas as oportunidades que tive de propor uma atividade experimental aos estudantes, sempre observei certa empolgação dos alunos com relação à proposta.

O comentário que A1 realizou quando propus a atividade mostra que ele se considerava seguro de seus conhecimentos sobre o tema que se pretendia abordar (a Eletrostática).

Eu também já havia percebido durante a apresentação de outras aulas que o aluno A1 representava uma referência de informações para alguns de seus colegas de classe. Alguns estudantes eventualmente costumavam recorrer ao aluno A1 para tirarem suas dúvidas relacionadas à eletricidade.

Ainda com relação à atitude inicial do aluno A1, podemos inferir que ele acabou contribuindo para tornar a aula mais interessante, pelo menos no que se

refere ao do ponto de vista didático das situações e dos diálogos estabelecidos durante tal atividade.

Faremos então uma análise mais detalhada sobre a prática de demonstração experimental procurando discutir os aspectos mais interessantes das passagens contidas no relato da atividade.

A seguir elencaremos alguns parágrafos de acordo com o surgimento das previsões dos alunos acerca do experimento, das manifestações da surpresa diante a demonstração do mesmo, e por fim, dos momentos de diálogo que tal manifestação proporcionou durante a atividade.

As previsões, mesmo que inicialmente se despontassem acanhadas nas expressões dos alunos, prevaleceram durante grande parte da atividade. Ainda podemos considerar que certamente, além das que se destacaram, muitas outras suscitaram nos indivíduos diante tal atividade. Sobretudo pelo fato inusitado dos materiais utilizados na construção do equipamento. Fato este que, não apenas provoca o aluno em arriscar uma previsão, mas contribui para a manifestação da surpresa.

As previsões se deram desde o início (em [4] – item i) quando eu disse que iria limpar a base do Eletróforo utilizando um pedaço de papel higiênico. Minha intenção de verificar se os alunos estabeleceriam uma relação do ato de esfregar com o conceito de eletrização por atrito foi logo abatida pelo aluno A1, que se antecipou em dizer que eu estava eletrizando a base do aparelho por meio do atrito. Não dei muita importância pelo fato, pois já previa que a maioria assimilaria o processo.

Mesmo que eu não tenha dito a nenhum estudante que eu pretendia eletrizar qualquer peça do aparelho, depois da indagação que eu direcionei aos alunos em [4] – item iv -, a resposta dada pelo aluno A1 em [5] revelou sua previsão acerca do processo de eletrização que ocorreria no Eletróforo. Ficou evidente que ele esperava que a forma metálica fosse se eletrizar pelo contato com a base.

Após o aluno A1 manifestar sua expectativa, em [5] e [6] os outros alunos expuseram as suas previsões. Todas semelhantes à expectativa de A1.

Como colocamos no início do capítulo anterior, esses estudantes já haviam participado de duas atividades no laboratório que a escola dispõe onde desenvolveram práticas com os materiais experimentais que compõe os kits de eletrostática da escola. Talvez a semelhança das expectativas (colhidas em [6])

entre os alunos possam estar relacionadas a tal oportunidade que tiveram. A influência se revela, pois as justificativas de certos alunos de suas expectativas se embasavam nos efeitos observados no eletroscópio de folha durante tal atividade no laboratório.

Ou seja, é a partir de idéias pré-concebidas que esses alunos fundamentaram suas previsões. Sinal sugestivo dos obstáculos epistemológicos de Bachelard (1996).

Muitas outras previsões foram colocadas pelos estudantes no decorrer da atividade. Tais previsões se iniciam nos parágrafos [4], [5] e [6] (já comentados) e entendem-se [7], [8], [11], [12] e [13]. Todas direcionadas ao resultado final do experimento ou a ele relacionadas.

Contudo, podemos concluir que a fase das previsões, com o “starter” protagonizado por A1 (e sejam por influência deste ou não), contribuiu no condicionamento do grupo à surpresa.

As manifestações da surpresa nos alunos se deram nas seguintes ocasiões:

i. Ao constatarem que o aparelho não se carregava pelo contato com a base (descrito em [16]);
ii. Quando o aluno A1 recebeu a descarga elétrica no processo de “carregamento” do aparelho (em [18]);
iii. Na segunda descarga elétrica após o afastamento da forma da base – depois de eletricamente carregado – (relatado em [20]);
iv. E, por fim, quando os estudantes descobriram (por meio das discussões durante o diálogo) que o Eletróforo se carregava eletricamente pelo processo da indução eletrostática (colocado em [23]).

Na ocasião (i), especificamente, podemos pressentir que os estudantes estavam generalizando determinados conceitos. Sobretudo aqueles relacionados com a atividade realizada no laboratório da escola em outra oportunidade. Tais generalizações que os estudantes atribuíram aos conceitos relacionados contribuíram para a manifestação da surpresa nesta ocasião.

Para Bachelard (1996), a generalização dificulta o avanço do conhecimento:

> É o que quase sempre acontece com as generalidades de primeira vista, com as generalidades designadas pelas tabelas da observação natural, estabelecidas par uma espécie de registro automático com base nos dados provenientes dos sentidos. No fundo, a idéia de tabela, aparentemente uma idéia constitutiva do empirismo clássico, é a base de um conhecimento estático que, mais cedo ou mais tarde, emperra a pesquisa científica. (BACHELARD, 1996, p. 72)

De certo modo, podemos dizer que na “curiosidade ingênua” a que Freire (1996) se refere, o hábito de generalização de conceitos não é raro. Pois tal generalização revela, acima de tudo, a escassez de critérios do qual o sujeito se utiliza para sua aproximação a determinado conhecimento.

Podemos inferir que as analogias que os estudantes estabeleceram diante a situação, revela uma generalização de conceitos outrora assimilados e, neste caso, os condicionam ao efeito surpreendente que conferimos com a utilização do Eletróforo.

Na ocasião (ii) e (iii) o efeito surpreendente se deu, principalmente, pelo fato do aluno A1 não creditar tal eficiência ao aparelho. Pois após o aparelho estar eletricamente carregado, o aluno A1 (e talvez grande parte dos alunos também) não considerava a possibilidade de levar um choque – seja lá qual fosse o processo de eletrização do aparelho. Possivelmente o aspecto inusitado da aparelhagem tenha contribuído na formalização de seu preconceito sobre o funcionamento do experimento.

Tal aspecto inusitado da aparelhagem transforma a atividade em uma oportunidade agradável para os estudantes se relacionarem com determinados conceitos da Física e pode contemplar o que, para Saad (2005), contribuiria para a assimilação dos conceitos da ciência. Segundo ele, a presença de alguns elementos nas atividades de demonstração pode facilitar o envolvimento do aluno e a participação coletiva dos estudantes. Entre os elementos citados pelo autor (e presenciados durante nossa atividade), estão: o inesperado; o curioso; o inacreditável; e o mágico.

Esses elementos, extremamente presentes no início da atividade, proporcionam o estabelecimento de diálogos didáticos bastante significativos com os estudantes. Porém, na medida em que o diálogo se intensifica e se aprofunda nos aspectos conceituais envolvidos, tais elementos tendem a desaparecer. Isto é, chega-se a compreensão dos fatos e, mais uma vez, provoca a surpresa. Foi esta a

reação dos alunos quando descobriram (na ocasião iv) que o processo de eletrização do Eletróforo se dava por meio da indução eletrostática.

Apesar de ter havido certo diálogo com os estudantes durante toda a aula, os momentos de diálogos realmente importantes para a assimilação dos alunos deram início em [19], quando grande parte dos alunos se aproximou para acompanhar a demonstração. Porém, o diálogo realmente se intensificou em [21] e [22] quando todos tiveram a oportunidade e puderam conferir algumas previsões que inicialmente haviam feito e constatar o resultado que delas divergiam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a atividade que foi relatada, pude verificar que a manifestação da surpresa despertou a curiosidade dos alunos para o conteúdo que estava sendo trabalhado. O efeito surpreendente que o experimento proporcionou aos alunos promoveu certa empolgação dos estudantes que, de modo repentino, se aventuram em desvendar a causa da divergência entre o resultado e suas previsões iniciais. Durante esse processo, ficou evidente que alguns alunos tendem a generalizar determinadas idéias. Porém, foi em ocasiões como essa que pude estimular alguns estudantes a exercer crítica sobre suas próprias considerações.

As contradições entre as afirmações dos alunos durante o diálogo ofereceram muitas oportunidades para minha intervenção, como professor. Constatei também as possibilidades que tal diálogo proporciona no processo de exposição do conhecimento. Sobretudo na capacidade que tal diálogo oferece para a transposição do “conhecimento ingênuo” ao “conhecimento epistemológico” que, para Freire (2003), tem papel fundamental no processo ensino-aprendizagem

Em vista da surpresa, a atividade descrita com o eletróforo que, inicialmente tinha apenas o objetivo de revisar o conteúdo de eletrostática, permitiu a nós professores que atuávamos naquele momento uma oportunidade especial de interação didática (um diálogo para o Ensino de Física) e aos estudantes o aprendizado e a ampliação de seus conhecimentos sobre o tema.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. Regras da Transposição Didática Aplicadas ao Laboratório Didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.17, n.2, p.174-188, 2000.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico:** contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. E. dos S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

Brasil, MEC, SEF, **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ciências Naturais, Brasília: MEC/SEF, 1998.

Brasil, MEC, SEB, **Orientações curriculares para o ensino médio:** Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, Brasília: MEC/SEB, 2006, v. 2.

CARDOSO, Walter. **Os obstáculos epistemológicos, segundo Gaston Bachelard.** Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência. São Paulo, n.1, p.19 – 27, jan - jun. 1985.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et all. **Ciências no Ensino Fundamental** – o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

FERREIRA, N. C. **Proposta de Laboratório para a Escola Brasileira** – Um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de Física. Dissertação Mestrado em Ensino de Ciências (modalidade Física), São Paulo IFUSP, 1978.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. 25ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. **Extensão ou comunicação?** Trad. de Rosisca Darcy de Oliveira - prefácio de Jacques Chonchol, 7ª ed., Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.

_____. **Pedagogia do oprimido**, 17ª. ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.

_____. **Á Sombra desta Mangueira**, 5ª edição. São Paulo, Olho d'Água, 2003.

GASPAR, Alberto. A educação formal e a educação informal em ciências. In: Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil. MASSARANI, L.; MOREIRA, I.C.; BRITO, F.(organizadores) .Rio de Janeiro: Casa da Ciência. Fórum de Ciência e Cultura, 2002.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**, 9ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2002.

LOPES, R. J. Partícula pode ter rompido barreira da luz. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, p. C15, 23 set. 2011.

MEDEIROS, A. As Origens Históricas do Eletroscópio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 3, p. 353 – 361, 2002.

RAMOS, E. M. de F. - **Brinquedos e Jogos no Ensino de Física,** dissertação (mestrado), USP: São Paulo, 1990.

SAAD, F. D. – **Demonstrações em ciências:** explorando fenômenos da pressão do ar e dos líquidos através de experiências simples. /Fuad Dahe Saad. (coordenador). - 1. ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros.** Vol 2. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

BIBLIOGRAFIA

BLOSSER, Patrícia E. O Papel do laboratório no Ensino de Ciências. **Cad. Cat. Ens. Fís.,** 5(2), p. 74 a 78, 1998

Brasil, MEC, SEMTec, **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ensino Médio, Brasília: MEC/SEMTec, 1999.

Brasil, MEC, SEMTec, **Parâmetros Curriculares Nacionais Mais:** Ensino Médio, Brasília: MEC/SEMTec acessado em 24/11/2005 no website <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/seb/pdf/CienciasNatureza.pdf>.

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o 1º grau.** 3ª ed. São Paulo: Ática, 1995.

GASPAR, Alberto. **Eletromagnetismo – Física moderna.** Física. São Paulo: Ática. - 2000.

GASPAR, Alberto. **Mecânica.** Física. São Paulo: Ática. - 2000.

GASPAR, Alberto. **Ondas – óptica - termodinâmica.** Física. São Paulo: Ática. - 2000.

PERELMAN, Y. I. – **Problemas e experimentos recreativos** – libro I. Moscou (Rússia): Mir, 1975.

PERELMAN, Y. I. – **Problemas e experimentos recreativos** – libro II. Moscou (Rússia): Mir, 1975.

SÃO PAULO (Estado), SE, CENP, **Proposta Curricular para o Ensino de Física no Ensino Médio**, São Paulo: CENP, 2008.

SÃO PAULO (Estado), SE, CENP, **Proposta Curricular para o Ensino de Ciências no Ensino Fundamental**, São Paulo: CENP, 2008.

WALKER, J. **O grande circo da física.** Lisboa: Gradativa, 1990.