

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (FURG)
INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E FÍSICA (IMEF)
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL ENSINO DE FÍSICA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA – MNPEF – POLO 21**

**METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA NO ENSINO
DE FÍSICA PARA DISCENTES DO CURSO DE
PEDAGOGIA**

Marco Aurélio Torres Rodrigues

**Rio Grande
Novembro de 2015**

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA NO ENSINO DE FÍSICA PARA DISCENTES DO CURSO DE PEDAGOGIA

Marco Aurélio Torres Rodrigues

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Matemática, Estatística e Física da FURG, dentro do Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Polo 21, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz
Co-orientadora:
Prof^ª Msc. Eliane Cappelletto

Rio Grande
Novembro de 2015

METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA NO ENSINO DE FÍSICA PARA DISCENTES DO CURSO DE PEDAGOGIA

Marco Aurélio Torres Rodrigues

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz

Coorientadora:

Prof^a Msc. Eliane Cappelletto

Dissertação de Mestrado submetida ao Instituto de Matemática, Estatística e Física da FURG, dentro do Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Polo 21, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Dr. Ives Solano Araujo - UFRGS

Dr. Valmir Heckler - FURG

Dr. Luiz Fernando Mackedanz (orientador) - FURG

Msc. Eliane Cappelletto (coorientadora) - FURG

Rio Grande
Novembro de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

R696m Rodrigues, Marco Aurélio Torres
Metodologia Construtivista no Ensino de Física para Discentes do
Curso de Pedagogia - Rio Grande: FURG / IMEF, 2015.
viii, 77 f.: il.;30cm.
Orientador: Dr. Luiz Fernando Mackedanz
Coorientadora: Msc. Eliane Cappelletto
Dissertação (mestrado) – FURG / Instituto de Matemática,
Estatística e Física / Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional
Profissional de Ensino de Física (MNPEF), 2015.
Referências Bibliográficas: f. 74-77.
1. Ensino de Física. 2. Formação de Professores. 3. Metodologia
Construtivista. I. Mackedanz, Luiz Fernando. II. Universidade Federal do Rio
Grande, Instituto de Matemática, Estatística e Física, Programa de Pós-
Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Luiz Fernando Mackedanz, pela paciência e orientação de leituras.

À professora Eliane Cappelletto, pela excelente correção e sugestões pertinentes quanto à produção textual.

A minha esposa Amália Josiane Torres Rodrigues, por estar sempre me motivando, apoiando e cuidando para que as crianças fizessem bagunça num tom suportável.

Aos meus filhos Kepler Eduardo Weber Rodrigues e Laysa Weber Rodrigues, por entender os finais de semana que ficamos sem nos divertir.

À CAPES, pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

RESUMO

METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA NO ENSINO DE FÍSICA PARA DISCENTES DO CURSO DE PEDAGOGIA

Marco Aurélio Torres Rodrigues

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz

Coorientadora:

Prof^a Msc. Eliane Cappelletto

Dissertação de Mestrado submetida ao Instituto de Matemática, Estatística e Física da FURG, dentro do Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Polo 21, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Não é segredo que docentes dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental (EF) trabalham com todas as disciplinas e que a maioria destas professoras é oriunda dos cursos de Pedagogia. Com um pouco de cuidado na análise da ementa da disciplina de Ciências dos Anos Iniciais verificaremos que a mesma contempla conteúdos de Física, Biologia e Química. Estudos e até mesmo relatos das professoras que trabalham com esta etapa mostram um enorme desconforto e mínima afinidade com conteúdos de Ciências, principalmente quando a ementa pertence ao 4º e 5º Ano, em que os conceitos de Física estão mais presentes. Esta investigação foi motivada pelo quadro descrito, por cadeiras cursadas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e por um estudo de grades curriculares do curso de Pedagogia. Também contribuíram conversas com o Professor Nelson Reyes e meu orientador. Assim, propus fazer uma investigação da aplicabilidade de práticas construtivistas no ensino de Eletromagnetismo e Óptica junto a docentes que atuam no EF I e discentes do curso de Pedagogia. Para viabilizar tal investigação foram elaborados e implantados dois projetos. O primeiro, com uma carga horária de 8 horas, foi oportunizado em duas ocasiões para professores dos Anos Iniciais. O segundo, de 40 horas, foi uma capacitação pedagógica desenvolvida em dez encontros planejados e executados através de um Projeto de Extensão da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). Para este, foram disponibilizadas 24 vagas para docentes da rede pública que estavam atuando nos Anos Iniciais do EF e discentes do curso de Pedagogia. Contudo, houve apenas 18 participantes, todos licenciandos em Pedagogia. Em todos os encontros foram propostos problemas concretos cabíveis de serem solucionados através da manipulação de materiais disponibilizados. A metodologia construtivista utilizada seguiu várias estratégias pedagógicas, com etapas bem definidas, que serão apresentadas no Capítulo IV. A avaliação dos Encontros de Capacitação foi obtida através de observações e questões respondidas pelos participantes. Embora o público-alvo dos projetos tenha sido diferente, os resultados em prol da metodologia construtivista foram bastante promissores.

Palavras-chave: Ensino de Física, Formação de Professores, Metodologia Construtivista.

Rio Grande
Novembro de 2015

ABSTRACT

CONSTRUCTIVIST PRACTICES IN PHYSICS EDUCATION FOR PEDAGOGY'S UNDERGRADUATE STUDENTS

Marco Aurélio Torres Rodrigues

Advisor:

Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz

Adjoint Advisor:

Prof^a Msc. Eliane Cappelletto

Abstract of master's thesis submitted to FURG's Math, Statistics and Physics Institute, in Graduation Program linked to Professional Master Degree National Graduation in Physics Education (MNPEF), Pole 21, in partial fulfillment of the requirements for Physics Education Master Degree.

It is not a secret that teachers of early years of elementary school work with all disciplines and the majority of these teachers come from the Education undergraduate courses. With a little care in analyzing the menu discipline of Sciences, these Early Years, we find that it includes Physics, Biology and Chemistry contents. Studies and even reports of teachers who in this level shows an enormous discomfort and minimal affinity for Science content, especially when this menu belongs to the 4th and 5th years, in which the concepts of Physics are more present. This research was motivated by the picture described by studies processed through the Professional Master Degree National Graduation in Physics Education (MNPEF) and a study about curriculum in the Education Undergraduate Courses. Also contributed to this work conversations with Professor Nelson Reyes and my advisor. So, I proposed an investigation of the applicability of constructivist practices for teaching electromagnetism and optics with the teachers who work in elementary school and Education Undergraduate students. In order to perform such research were designed and implemented two projects. The first, with a workload of eight hours, was developed on two occasions, for teachers of elementary school. The second, with 40 hours, was a pedagogical training developed in ten meetings planned and executed through an extension project of the State University of Rio Grande do Sul (UERGS). In order to do this, 24 vacancies were made available to public schools teachers who were acting in elementary school and Education Undergraduate students. However, there were only 18 participants, all undergraduate students. In all meetings we proposed appropriate concrete problems to be solved by manipulating available materials. The constructivist methodology follows several teaching strategies with well-defined steps, which are presented in Chapter IV. Evaluation of Training Meetings was obtained through observations and questions answered by the participants. Although the projects target audience has been different, the results in favor of constructivist methodology were quite promising.

Keywords: Physics education, teacher training, constructivist practices.

Rio Grande
November 2015

SUMÁRIO

SUMÁRIO	8
1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Teoria do Desenvolvimento Cognitivo de Piaget	17
2.2 A Teoria da Mediação de Vigotski	24
2.3 O Construtivismo Científico de Carvalho	28
2.3.1 O papel das atividades investigativas na construção do conhecimento	30
2.3.2 O papel do professor no ensino de ciências como investigação	31
2.3.3 Etapas indispensáveis de uma aula com caráter investigativo	36
2.4 O Referencial Teórico e as Práticas Construtivistas na Capacitação de Discentes do Curso de Pedagogia	40
3. ESTUDOS ANTERIORES	44
4. APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA INVESTIGATIVA	57
5. APLICAÇÃO DA PROPOSTA	63
5.1 Ensaio Zero	63
5.1.1 Primeiro Encontro	63
5.1.2 Segundo Encontro	69
5.1.3 Observações e conclusões a respeito das aplicações do Ensaio Zero em ambos os municípios	79
5.2 Práticas Construtivistas no Ensino de Eletromagnetismo e Óptica para Discentes do Curso de Pedagogia e Professores dos Anos Iniciais	81
5.2.1 Primeiro Encontro	83
5.2.2 Segundo Encontro	88
5.2.3 Terceiro Encontro	89

5.2.4 Quarto Encontro	94
5.2.5 Quinto Encontro	104
5.2.6 Sexto Encontro	109
5.2.7 Sétimo Encontro	117
5.2.8 Oitavo Encontro	122
5.2.9 Nono Encontro	128
5.2.10 Décimo Encontro	133
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	139
6.1 Avaliação dos Resultados Através dos Questionários	139
6.1.1 Perguntas Parciais	140
6.1.2 Perguntas Finais	150
6.2 Observação da Participação de Alunos e Alunas nos Encontros	157
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	159
REFERÊNCIAS	163
APÊNDICE A - Perguntas Iniciais Aplicadas no 1º Encontro	167
APÊNDICE B - Perguntas Parciais Aplicadas no 5º Encontro	168
APÊNDICE C - Perguntas Finais Aplicadas no 10º Encontro	169
APÊNDICE D - Pôster Apresentado no V EEEFís-RS em 2013	170
APÊNDICE E - TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO – PROJETO DE EXTENSÃO	171
APÊNDICE F - TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO – ENSAIO ZERO	172
ANEXO A - Ficha de Inscrição para o curso Práticas Construtivistas no Ensino de Eletromagnetismo e Óptica para Discentes do Curso de Pedagogia e Professores dos Anos Iniciais	174
ANEXO B - Slides Utilizados pelos Licenciandos no 10º Encontro	175

TEXTO DE APOIO	177
SUMÁRIO	180
APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA	181
TABELA RESUMO	185
ATIVIDADES DE ELETROMAGNETISMO E ÓPTICA	187
Nove encontros ou dez encontros?	187
1° ENCONTRO	188
3° ENCONTRO	190
4° ENCONTRO	194
5° ENCONTRO	198
6° ENCONTRO	200
7° ENCONTRO	203
8° ENCONTRO	204
9° ENCONTRO	208
10° ENCONTRO	213
TEXTOS AUXILIARES DE CONHECIMENTO FÍSICO	220
I - PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO	220
II - CORRENTE ELÉTRICA E RESISTORES	230
III - A LUZ	236
IV - MAGNETISMO	269
REFERÊNCIAS	280

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Durante dezoito anos trabalhei como professor dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, nas redes públicas estadual e municipal. Nestes dois âmbitos, causavam-me espanto e indignação certas práticas pedagógicas de alguns colegas quando trabalhavam com a disciplina de Ciências. Minha indignação diminuiu exponencialmente quando comecei a ficar ciente da real formação destes docentes, visto que sou licenciado em Física e, portanto, tive uma fundamentação científica mais aprofundada se comparada aos egressos dos cursos de Pedagogia. Além disso, as demandas profissionais que recaem sobre os professores dos Anos Iniciais são vastas, como reforça Azevedo (2013, p. 22):

Os professores do ensino fundamental I, por exemplo, principalmente na escola pública, são responsáveis pela educação conceitual em todas as áreas e pela articulação dessa educação com a alfabetização na língua materna. Essa articulação não parece ser uma tarefa simples para esses professores, pois, pelo que nos dizem diversas pesquisas, a formação inicial desses profissionais, apesar da polivalência, não os têm formado adequadamente para que cumpram tais pretensões.

Durante estas quase duas décadas lecionando no ensino fundamental I, ficava pouco confortável com as práticas educativas ministradas pela quase totalidade das colegas, referente ao ensino de Ciências. Promoviam aulas muito abstratas para o público a que se destinavam, pois frequentemente ignoravam os estágios mentais dos educandos e, em especial, sua necessidade de materiais concretos para aprender. Faziam uso de termos que os alunos não entendiam, pois para tal entendimento seriam necessárias transformações mentais como “conservação”, que ainda não tinham sido desenvolvidas. Suas ditas “Aulas de Ciências” resumiam-se a cópias e mais cópias de textos, oriundos de livros didáticos, acompanhados do tradicional questionário.

Concordamos com Carvalho (2009, p. 6) quando afirma que é indispensável enfatizar, que é no ensino fundamental “[...] é nessa etapa que os alunos têm contato, pela primeira vez em uma situação de ensino, com certos conceitos científicos, e muito

da aprendizagem subsequente em Ciências vai depender desse início”. Em alguns momentos, as cópias eram substituídas por intermináveis leituras nos livros-texto. Schroeder (2004) destaca que concentrar as aulas de Ciências no uso de livros-texto é uma prática que tem poucas chances de levar os estudantes que estão na faixa etária de sete a dez anos a aprender, visto que ao não se preocupar com os estágios de seu desenvolvimento cognitivo, os professores não estão atentos às dificuldades da criança ou ao que ela pode alcançar.

Entretanto assistia a tudo como um mero espectador, algumas vezes (mínimas) tentei intervir, mas a receptividade dos colegas no espaço escolar foi pouco animadora. Ficava intrigado como eram excelentes profissionais, inovadoras, no ensino de Português e Matemática, e, todavia, tão tradicionais no Ensino de Ciências.

Ocorreu-me de tentar fazer uma investigação sobre o porquê de tais práticas, entretanto este projeto investigativo não ganhou asas na época. A retomada desta investigação só ocorreu em 2013, quando comecei a cursar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, na FURG em Rio Grande.

Fui à busca de respostas. Dentre as inúmeras que encontrei está a insuficiência da estrutura do currículo dos cursos de Pedagogia (GALIAN *et al.*, 2013), embora esta já tenha sofrido transformações a partir da promulgação das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Pedagogia (BRASIL, 2006). Estas Diretrizes não são claras no que tange aos conteúdos específicos das áreas de conhecimento que compõe determinado currículo, priorizando questões metodológicas e deixando aparentemente as questões de conhecimentos específicos num plano secundário.

Em uma universidade pública de São Paulo, foi ofertada uma disciplina optativa de fundamentação teórico-conceitual de ciências naturais em 2012, para estudantes do curso de Pedagogia. Estes, ao final desta disciplina, destacaram a importância de tal cadeira em sua formação, como relataram Galian *et al.*(2013, p. 105):

De acordo com as respostas dos alunos participantes da disciplina, nota-se que há uma grande preocupação em relação ao domínio do conteúdo da disciplina de Ciências Naturais; em sua maioria, destacam também a ampliação dos conhecimentos como as principais contribuições desta disciplina em sua formação inicial.

Outros fatores são apresentados por Azevedo (2013, p. 22) para esclarecer o atual quadro que nos encontramos no que se refere ao ensino de ciências para os Anos Iniciais, pois além de “[...] possíveis falhas na formação inicial dos professores, outros motivos dificultam uma melhor qualidade do ensino de ciências: condições de trabalho, falta de recursos e materiais pedagógicos, salários baixos e pouco tempo para dedicação à sua formação cultural e intelectual, entre outros fatores objetivos”.

Contudo, meu objetivo não era promover uma investigação detalhada, conclusiva, que apontasse soluções para tal situação, afinal Damasio (2007, p. 9) já havia salientado:

A formação de professores das séries iniciais não vê com a atenção necessária a capacitação para o ensino de ciências naturais. Como consequência – com exceção de raros casos – os professores carregam informações equivocadas ou mesmo completamente erradas.

Logo “meu norte” já havia despontado e, portanto, minha direção estava traçada: precisava apresentar uma proposta que, dentro de sua simplicidade, contribuísse para a melhoria deste cenário. Então compreendi, enxerguei, estava nítido que deveria focar na capacitação de discentes do curso de Pedagogia.

Faltava então definir como contribuir. Para tanto, procurei verificar a grade curricular do curso de Pedagogia, ofertada pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), onde atuo. Notei que dentre os componentes curriculares é oferecida apenas a cadeira *Ciências Naturais: Anos Iniciais*, no 6º semestre, com uma carga horária de 60 horas-aula. Procurei o professor responsável pela cadeira, em Bagé (uma das 24 unidades desta instituição de ensino superior), e ele relatou que o desenvolvimento era feito de forma tradicional. Solicitei que elucidasse o que entendia por “forma tradicional”, e ele foi bem claro: ensino centrado no professor. Ainda durante nossa conversa, investiguei a possibilidade da inserção de mais algumas cadeiras relacionadas às Ciências Naturais na grade curricular do curso. Mas a resposta foi “não!” E a justificativa dada para este “não” foi que o curso foi implantado há pouco tempo e segue uma grade curricular de 2008. Confesso que mediante este não, tão redondo, fiquei estático, atordoado, um lutador que foi à lona, pois afinal acreditava que uma mudança na grade curricular poderia suprir as lacunas apresentadas pelas licenciadas.

Então resolvi procurar o professor Nelson Luiz Reyes Marques, que propõe e desenvolve práticas pedagógicas junto a estudantes do curso Normal e docentes dos Anos Iniciais, no município de Pelotas e arredores. relatei tudo que tinha acontecido até o momento. Ele, com um sorriso no rosto, ponderou: “– Marco, você não pode mudar a grade curricular; todavia pode oportunizar cursos de formação, qualificação, capacitação.” Novamente fiquei estático, só que agora não fui à lona, pelo contrário, após alguns segundos, saltei, gritei, fiquei alucinado perante uma proposta tão simples, em sua essência, contudo gigantesca em sua elaboração e execução.

O passo seguinte era: que formação propor? A quem ofertar tal formação? Somente aos discentes da Pedagogia? Ou também aos docentes em sala de aula? Que metodologias de ensino deveria utilizar?

Antes de prosseguir, quero deixar descrito meu ponto de vista, a de que não estou defendendo a introdução da *Física* nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental I, uma vez que conteúdos de Física já estão contemplados na denominação *Ciências*. Defendo, assim como Damasio (2007, p. 10), “melhor capacitação dos professores destas séries”, ou anos de ensino, o que contribuiria desde cedo para um ensino mais eficiente de conceitos físicos e, também pensando no futuro, abriria a possibilidade de um ensino significativo e produtivo aos estudantes, algo mais fácil de ocorrer para aqueles que passaram por docentes capacitados.

Fui, então, buscar na literatura atual o que já estava sendo feito, proposto. Encontrei trabalhos de (DAMASIO,2007), (SCHOROEDER,2004), (CARVALHO,2009), entre tantos outros. Em especial, a obra *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento científico*, de Carvalho *et al.* (2009), serviu como base para elaboração dos encontros de capacitação de professores do anos iniciais e discentes do curso de Pedagogia.

Estes encontros de capacitação aconteceram em dois momentos bem distintos. O primeiro, “Ensaio zero de Ciências para professores dos anos iniciais, à luz da pedagogia científica de Bachelard” ocorreu nos meses de outubro e novembro de 2014, nos municípios de Pedro Osório e Cerrito, estado do Rio Grande do Sul, somente para docentes dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental que estavam em sala de aula. Foram dois encontros de quatro horas, com cinco atividades cada. Tinha como objetivo geral

verificar se esta metodologia construtivista poderia ser aplicada na capacitação de professores, visto que apresenta excelentes resultados quando aplicada para alunos dos anos iniciais, como relata Carvalho (2009, p. 176): “Com a metodologia que propomos, o aluno aprende muito mais do que o conteúdo específico de Ciências; aprende também conteúdos processuais e atitudinais, essenciais para seu desenvolvimento como integrante de uma sociedade”. Uma vez constatada a eficiência desta metodologia de ensino junto aos professores, através de perguntas feitas após a capacitação, criei coragem e “bagagem” para propor um Projeto de Extensão junto à UERGS, para capacitação de discentes do curso de Pedagogia e docentes em exercício nos Anos Iniciais.

Então, em um segundo momento, foi desenvolvida a capacitação “*Práticas Construtivistas no Ensino de Eletromagnetismo e Óptica para Discentes do Curso de Pedagogia e Professores dos Anos Iniciais*”. Esta capacitação ocorreu entre os meses de março e maio de 2015, em dez encontros, com um total de 40 horas, sendo certificado pela própria Instituição de Ensino Superior. No segundo encontro contei com a participação da professora assistente do curso de Pedagogia, Veronice Camargo da Silva, que contribuiu de forma significativa na mesa redonda sobre Teorias de Aprendizagem. Entretanto não posso deixar de destacar uma observação em relação ao número de participantes e sua origem. Foram oferecidas 24 vagas: metade para alunos do curso de Pedagogia e metade para professores em exercício. Contudo, todas as 30 inscrições foram de alunos e alunas da Pedagogia, que estavam cursando o 1º, o 4º ou o 7º semestre.

Não quero, com esses dados, encaminhar uma interpretação apressada de que os docentes não tiveram interesse em participar da capacitação, seja em função da metodologia adotada, seja pelos dias e horários estabelecidos – nove sábados, das 8 horas às 12 horas e uma sexta-feira, das 19 horas às 23 horas. Prefiro pensar que foi pouca divulgação ou, talvez, o período do ano letivo tenha sido pouco propício. Sabe-se que o local onde foi oportunizada a capacitação, na cidade de Bagé, região da Campanha do RS, é famoso por suas baixas temperaturas e consequentes geadas no inverno. E, como as redes estadual e municipal têm o dever de cumprir os 200 dias

letivos, costumam utilizar os sábados do começo do ano letivo para atingir esta meta, antes do auge do inverno chegar.

Em decorrência do relatado, proponho a seguinte investigação mais restrita:

– *É viável a aplicação da Prática Construtivista, no ensino de Eletromagnetismo e Óptica, para discentes do curso de Pedagogia?*

Então, trabalhei na busca de atingir o seguinte objetivo:

– Investigar a viabilidade das Práticas Construtivistas, na formação dos futuros Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, para que eles possam re(construir) seu conhecimento no que se refere a conceitos e princípios elementares de Eletromagnetismo e Óptica.

Se esta capacitação, em particular, se mostrar viável, terei argumentos para num futuro não muito distante, quando for feita a reformulação ou análise do atual curso de Pedagogia oferecido pela UERGS, contribuir com elementos consistentes para sua discussão. Todavia nada impede que Projetos de Extensão como este, desenvolvidos e executados durante meus estudos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, sejam oportunizados em outras ocasiões.

A dissertação ficou assim organizada: no Capítulo II apresento a Fundamentação Teórica, o Capítulo III intitulado Estudos Anteriores aborda algumas dissertações oriundas do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS, já no Capítulo IV faço a apresentação da Proposta Investigativa. O Capítulo V trata da Aplicação da Proposta. O Capítulo VI mostra a Análise dos Resultados. Fazem parte do Capítulo VII as Considerações Finais e as Conclusões.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresentarei os pilares que sustentam minha dissertação, ou seja, as teorias de aprendizagem que possibilitaram justificar o tipo de trabalho proposto e desenvolvido. Sendo um pouco mais exato, diria que tais teorias serviram de fonte de inspiração.

Observe que me reporto a teorias, e não a uma única teoria, pois tenho convicção que envolver apenas um referencial seria um erro pragmático, afinal quando nos referimos aos processos de ensino e de aprendizagem existem várias tendências, vários estudos e publicações distintas sobre o assunto.

Sendo minha proposta apoiada no Construtivismo, é aceitável que darei um enfoque maior para esta, ou melhor, para a origem desta teoria, mostrando, e até mesmo enfatizando que a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget não é uma teoria de aprendizagem pedagógica construtivista, mas que ela deu origem a, impulsionou as metodologias construtivistas.

Tentarei salientar aspectos importantes das seguintes teorias: *teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget*, *teoria de mediação de Vigotski* e *teoria construtivista de Carvalho*. Esta última se apoia também em ideias epistemológicas de Bachelard, motivo pelo qual ele será mencionado em alguns trechos.

2.1 Teoria do Desenvolvimento Cognitivo de Piaget

Jean Piaget conseguiu, através de sua teoria, explicar como o ser humano, desde o seu nascimento, constrói o seu conhecimento. Ele afirma que o desenvolvimento cognitivo procede de processos internos e da interação com o mundo, passa por estágios, ou seja, todos os indivíduos, desde que tenham um desenvolvimento normal, passam por essas fases na mesma ordem, com possíveis variações das idades.

Para Piaget, o desenvolvimento cognitivo é um processo de sucessivas mudanças das estruturas mentais. A construção do conhecimento ocorre quando acontecem ações que provocam o desequilíbrio nos esquemas (estruturas mentais), necessitando dos processos de assimilação e acomodação para construção de novos esquemas e alcance de novo equilíbrio. Moreira (2011, p. 96) destaca alguns conceitos-chave da teoria piagetiana, em especial assimilação, acomodação e equilíbrio, e enfatiza que exatamente nestes conceitos estava o seu construtivismo e, mais, que este seria o “núcleo duro” da teoria de Piaget.

Não estou afirmando que Piaget criou o construtivismo, afinal ele nunca se preocupou em formular uma pedagogia, pois passou a vida investigando processos de inteligência. Foram desenvolvidas propostas pedagógicas inovadoras por especialistas e estas propostas ganharam a designação de construtivismo, pois usaram como base as descobertas e conclusões psicológicas de Piaget.

Feito este pequeno parêntese, voltemos aos conceitos-chave. Tais conceitos são de enorme relevância, pois possibilitam fornecer respostas a indagações do tipo: “Como os homens constroem o conhecimento? Como se dá o processo de elaboração de ideias? Como a elaboração do conhecimento influencia a adaptação à realidade?”

Tudo é explicado segundo o pressuposto de que existe um conjunto de relações interdependentes entre sujeito conhecedor e objeto a conhecer. Essas relações envolvem mecanismos bastante complexos e intrincados que englobam o entrelaçamento de fatores que são complementares, tais como: o processo de maturação do organismo, a experiência com objetos, a vivência social e a equilíbrio do organismo ao meio.

Todo processo de desenvolvimento humano é fundamentado no conceito de equilíbrio. Tem um caráter universal, visto que é de igual ocorrência para todos os indivíduos de nossa espécie, todavia poderá ser influenciado por conteúdos culturais provenientes do meio em que o indivíduo está inserido. Seguindo esta linha de raciocínio, faz-se necessário caracterizar dois elementos básicos: os fatores invariantes e os fatores variantes.

Entende-se por invariantes uma série de estruturas biológicas – sensoriais e neurológicas – que o indivíduo recebe como herança ao nascer e que permanecem

constantes ao longo de sua vida. São essas estruturas biológicas que irão predispor o surgimento de certas estruturas mentais. Considera-se que o indivíduo carrega consigo duas marcas inatas que são a tendência natural à organização e à adaptação.

Já os fatores variantes são representados pelo conceito de esquema que constitui a unidade básica de pensamento e ação estrutural, sendo um elemento que se transforma no processo de interação com o meio, visando à adaptação do indivíduo ao real que o rodeia. Temos a garantia, dada pela teoria psicogenética, que não herdamos a inteligência, mas sim a construímos através de um processo interativo entre homem e o meio ambiente (físico e social) em que ele estiver inserido.

Vamos ao exemplo clássico, da ave, para entender os conceitos-chave: a criança entende *ave* como um animal voador, com penas e asas, ou seja, para ela toda ave voa, tem penas e asas. Agora ela observa uma avestruz: tem penas, tem asas, mas não voa. Isto obviamente não corresponde ao esquema que ela possui naquele momento. Até agora ela estava tentando uma *assimilação* (compreender utilizando noções já existentes). Neste momento ocorre um desequilíbrio, pois até então todas as aves voavam; entretanto, por influência do mundo externo, ela constata que existe uma – a avestruz – que não voa. Bom, agora será feita uma generalização, em que a criança vai adaptar ou reformular seu conceito “geral” de ave para incluir as que não voam. Assim, a criança atingiu o que entendemos por *acomodação*.

Dentro deste mesmo entendimento, Moreira (2011, p. 100) enfatiza que “não há acomodação sem assimilação, pois acomodação é reestruturação da assimilação. O equilíbrio entre assimilação e acomodação é a adaptação à situação”. Em outras palavras, assimilação é o processo pelo qual o indivíduo cognitivamente capta o ambiente e o organiza, possibilitando, assim, a ampliação de seus esquemas. Já a acomodação é a modificação de um esquema ou de uma estrutura em função das particularidades do objeto a ser assimilado. A acomodação pode acontecer de duas formas: criar um novo esquema no qual se possa encaixar o novo estímulo, ou modificar um já existente, de modo a incluí-lo.

Embora estes conceitos-chave sejam de suma importância para compreender a teoria cognitivista de Piaget, não são tão difundidos quanto os períodos gerais de

desenvolvimento cognitivo, que por serem mais apresentados e discutidos, acabaram sendo mais conhecidos e, por consequência, aparecem em maior número de citações.

Segundo Moreira (2011, p. 96), Piaget distingue quatro períodos gerais do desenvolvimento cognitivo: sensório-motor, pré-operacional, operacional-concreto e operacional formal. Cada um desses períodos, por sua vez, subdivide-se em estádios e níveis.

O período *sensório-motor* vai do nascimento até os dois anos idade. Para salientar a relevância deste período, que para muitos parece ter pouca importância, apresentarei uma defesa do próprio Piaget (1999, p. 17):

“Muitas vezes mal se suspeitou da importância desse período; e isto porque ele não é acompanhado de palavras que permitam seguir, passo a passo, o progresso da inteligência e dos sentimentos, como mais tarde. Mas, na verdade, é decisivo para todo o curso da evolução psíquica: representa a conquista, através da percepção e dos movimentos, de todo o universo prático que cerca a criança. Ora, esta ‘assimilação senso-motora’ do mundo exterior imediato realiza, em dezoito meses ou dois anos, toda uma revolução copernicana em miniatura.”

Quem já teve contato com crianças deste período sabe que uma recém-nascida mama melhor depois de uma ou duas semanas, comparado aos primeiros dias, mostrando, assim, que seus reflexos da sucção melhoraram. Na sequência, é fácil constatar que os bebês generalizam esta atividade, sugando também o vazio, os dedos quando os encontram e quaisquer outros objetos disponibilizados. Então podemos afirmar tranquilamente que, no começo, seu mundo está restrito a sugar. Contudo, é evidente que muito rápido seu mundo também incorporará olhar, ouvir e, assim que seus próprios movimentos permitirem, manipular. Todos estes exercícios rapidamente ficarão mais complexos, dando um prognóstico de assimilação mental. Esses movimentos vão ficando cada vez mais interessantes, pois são assimiláveis a um esquema anterior, permitindo então que sejam reproduzidos novos movimentos. Tais ações se configuram na forma mais evoluída de assimilação.

Agora será atingido o estágio máximo, dentro deste período, denominado inteligência prática ou senso-motora. Este é bem fácil de reconhecer e para tal usarei um exemplo conhecido na literatura: uma criança, lá por volta dos dezoito meses, precisa pegar um objeto, entretanto ele está longe, mas ela tem, junto à sua mão, uma vareta e a utiliza para puxar o objeto; desta forma fica caracterizado um ato de inteligência.

Com o que foi detalhado até o momento é possível afirmar que a inteligência é prática, oriunda de reflexos neurológicos básicos, quer dizer que a inteligência está nos sentidos e nas ações. Suas ações não são coordenadas, cada uma delas é ainda algo isolado e a única referência comum e constante é o próprio corpo da criança, decorrendo daí um egocentrismo praticamente total (MOREIRA, 2011, p. 96).

Finalizando este estágio, a criança já desenvolve a noção de permanência do objeto e diferencia o que é dela do que é mundo. Segundo Moreira (2011, p. 97):

“É também capaz de lidar com deslocamentos invisíveis de objetos externos, representando-os mentalmente, ou seja, é capaz de responder a objetos que não está vendo diretamente, o que significa que, para ela, os objetos já tem uma realidade cognitiva além da realidade física.”

O período *pré-operacional*, conhecido também como a primeira infância, vai dos dois aos sete anos. Nele começa a utilização da linguagem, ocasionando alterações de comportamentos tanto no aspecto intelectual como afetivo. Piaget (1999, p. 24) destaca

“[...] três consequências essenciais para o desenvolvimento mental: uma possível troca entre os indivíduos, ou seja, o início da socialização da ação; uma interiorização da palavra, isto é, a aparição do pensamento propriamente dito, que tem como base a linguagem interior e o sistema de signos, e, finalmente, uma interiorização da ação como tal, que, puramente perceptiva e motora que era até então, pode daí em diante se reconstituir no plano intuitivo das imagens e das experiências mentais”.

No que concerne a alterações afetivas, surgem simpatias e antipatias, respeito, etc. Parece que os sentimentos ficam mais estáveis do que nos estágios anteriores. Neste período as crianças continuam suas relações com o mundo físico, entretanto começam processos de socialização e representações interiores.

Nesta etapa, a criança continua mostrando sua natureza egocêntrica, o que fica nítido na afirmação de Piaget (1999, p. 28):

“Em vez de se adaptar logo às realidades novas que descobre e que constrói pouco a pouco, o sujeito deve começar por uma incorporação laboriosa dos dados ao seu eu e à sua atividade; esta assimilação egocêntrica caracteriza tanto o início do pensamento da criança como da socialização. Para ser mais exato, é preciso dizer que, durante as idades de dois a sete anos, encontram-se todas as transições entre duas formas extremas de pensamento, representadas em cada uma das etapas percorridas durante este período, sendo que a segunda domina pouco a pouco a primeira.”

Sempre algo chama a atenção das crianças e, muitas vezes, suas explicações não condizem com a realidade, pois foram influenciadas pela forma egocêntrica como observam a realidade, isto é, deixam-se levar pela aparência, sem relacionar fatos. Moreira (2011, p. 97) consegue elucidar tal situação:

“Um exemplo interessante disso é aquele no qual a criança geralmente cai em contradição ao se defrontar, alternadamente, com um recipiente alto e fino e outro baixo e largo contendo a mesma quantidade de água. Como a atenção da criança volta-se ora para altura ora para largura (aspectos mais atraentes), porém não simultaneamente para as duas, compensando-as, ela poderá dizer que o recipiente alto e fino contém mais água porque é mais alto ou contém menos água porque é mais fino. Ao passar-se a água de um para outro recipiente, ao invés de prestar atenção na transformação (passagem da água), a criança detém-se em estados momentâneos do sistema, em aspectos atraentes dos objetos”.

Ainda dentro deste aspecto encontramos na literatura o exemplo das bolinhas. Mostra-se para um menino ou menina, desta faixa etária, duas bolinhas de massas iguais e dá-se a uma delas a forma de salsicha. As crianças negam que a quantidade de massa continua igual, pois as formas são evidentemente diferentes, ou seja, não conseguem relacionar as duas situações. As crianças não aceitam o acaso, tudo deve ter uma explicação. É a famosa e conhecida fase dos porquês.

Para finalizar a abordagem deste período, faz-se necessário uma mínima discussão no sentido de que o pensamento da criança continua, ainda, irreversível. O que quero salientar é o fato de já começar a existir uma organização de pensamento, contudo não é reversível. A criança vai avançando cognitivamente em uma direção e sentido, entretanto não consegue inverter o sentido deste avanço, ou seja, refazer o caminho achando o ponto de partida sem alteração.

O terceiro período, o *operatório concreto*, é aquele para o qual minhas ações como educador estão voltadas e se estende dos sete aos doze anos.

Piaget (1999, p.42) destaca que

“[...] a criança de sete anos começa a se liberar de seu egocentrismo social e intelectual, tornando-se, então, capaz de novas coordenações, que serão da maior importância, tanto para a inteligência quanto para a afetividade.”

Neste período temos o surgimento da construção lógica. Nele aparecem também coordenações sociais, em que as crianças estabelecem regras de cooperação e questões de sua própria autonomia.

O pensamento das crianças continua evoluindo e, portanto, passa de um estágio marcado pelo irreversível para um bem mais evoluído, caracterizado pelo reversível. Esta evolução pode ser facilmente percebida, com a experiência das bolinhas de massas iguais, em que uma perde a forma de bolinha e ganha a forma cilíndrica de salsicha. No período pré-operacional, as crianças afirmariam que as massas das bolinhas não se conservariam; contudo, no período operacional-concreto, as crianças afirmam que as quantidades de massa continuam as mesmas. Esta conclusão é obtida porque as crianças conseguem voltar ao ponto de partida. Logo, elas justificariam dizendo que se pode fazer uma bola com a salsicha. Elas precisam trabalhar com o concreto para verificar se as sentenças são falsas ou verdadeiras e desenvolvem uma habilidade para resolver problemas de forma concreta.

Noções de tempo, espaço, velocidade, ordem, casualidade são desenvolvidas neste período.

O quarto e último é o *período das operações*, que tem sua origem por volta dos doze e se estende até a idade adulta.

Os adolescentes são os atores principais deste período, com suas teorias sobre tudo e sobre todos. Confirmam de vez que esta é uma fase de independência de suas percepções, ou seja, não precisam mais limitar sua percepção às situações imediatas e concretas. A inteligência formal marca, então, a libertação do pensamento e não é de se admirar que este use e abuse, no começo, do poder imprevisto que lhe é conferido (PIAGET, 1999, p. 60).

Estas construções abstratas não surgem como um conto de fadas, muito menos num passe de mágica, elas têm sua origem no período operacional-concreto e vão evoluindo de maneira contínua e não brusca.

Até então a criança só conseguia desenvolver seu pensamento baseado em sua própria realidade, utilizando o concreto para desenvolver-se; entretanto nesta passagem ela atingiu o formal. Esta é uma das novidades essenciais que opõe a adolescência à infância: a livre atividade da reflexão espontânea (PIAGET, 1999, p.60).

Novamente trago um exemplo muito difundido na literatura para mostrar a evolução do pensamento cognitivo característico deste período: é solicitado a um

adolescente que analise o seguinte provérbio “de grão em grão, a galinha enche o papo”; diferente da criança, o adolescente trabalha com a lógica da ideia (metáfora) e não com a imagem de uma galinha comendo grãos. A principal característica deste período é a capacidade de raciocinar com hipóteses verbais e não apenas com objetos concretos (MOREIRA, 2011, p. 98).

O egocentrismo volta à cena, ou seja, retorna e parece que com força. O adolescente tem manifestação de dono do mundo, salvador da pátria... Nas palavras de Moreira (2011, p. 99):

“o período das operações formais prolonga-se até a idade adulta; porém, cabe ainda registrar que, no estágio correspondente à adolescência, o indivíduo manifesta um último tipo de egocentrismo: o adolescente atribui grande poder ao seu próprio pensamento, à sua capacidade de raciocinar, e julga muitas vezes que somente ele está certo.”

2.2 A Teoria da Mediação de Vigotski

Lev Vigotski, que faleceu precocemente com 37 anos de idade (1896-1934), formou-se em Direito em 1917, entretanto especializou-se e foi ser professor de psicologia e literatura. Cabe salientar que, por sua característica erudita, fez o curso de medicina, além dos outros anteriormente citados. Teve contribuições importantes como psicólogo após a Revolução Russa e de algumas destas contribuições irei tratar resumidamente a seguir.

Para Vigotski, o desenvolvimento cognitivo, para ser entendido, deve levar em consideração o contexto social e cultural no qual ocorre. Quer dizer, o desenvolvimento cognitivo não se dá independente do contexto social, histórico e cultural (MOREIRA, 2011, p. 107).

A importância de Vigotski para o ensino vem principalmente de dois temas que o pesquisador desenvolveu em seus trabalhos. O primeiro, e para nós o mais fundamental, foi mostrar que as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais (CARVALHO, 2012, p. 3). Este conhecimento proporcionado pelos estudos deste psicólogo russo veio modificar consideravelmente as interações professor/aluno em sala de aula.

Para tornar ainda mais claro o parágrafo anterior, é através da socialização que o aluno desenvolve os processos mentais superiores, ou seja, não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o aluno consegue socializar-se.

O outro tema levantado por Vigotski tenta e consegue demonstrar que “[...] esses processos mentais só podem ser entendidos se compreendermos os instrumentos e signos que os mediam” (MOREIRA, 2011, p. 107). Em resumo, este tema tem o objetivo de auxiliar, de orientar, na busca de resposta para a seguinte indagação: Como, entretanto, se convertem, no indivíduo, as relações sociais em funções psicológicas? (*id.*, p. 107).

Encontramos a mediação como resposta. Entretanto, para esta mediação é indispensável a utilização de instrumentos e signos. Contudo, o que se entende por instrumentos e signos?

Segundo Moreira (2011, p. 109) a resposta é a seguinte:

“Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa. Existem três tipos de signos: 1) indicadores, são aqueles que têm uma relação de causa e efeito com aquilo que significam (e.g., fumaça indica fogo, por que é a causa do fogo); 2) icônicos, são imagens ou desenhos daquilo que significam; 3) simbólicos, são os que têm uma relação abstrata como o que significam.”

Vigotski, influenciado por Marx e Engels, diferenciava o homem dos outros animais da seguinte forma: os homens dominam a natureza através da utilização de instrumentos; enquanto os outros animais apenas a utilizam. Toda esta argumentação, para chegar à conclusão que os homens não desenvolveram apenas instrumentos, e sim também um conjunto ou um sistema de signos, que por sua vez influenciam seu desenvolvimento cultural e social. A utilização de signos e instrumentos é característica encontrada apenas nos seres humanos e esta característica permite o desenvolvimento cognitivo.

O estudo deste tema por parte dos educadores fez com que observassem com maior atenção o desenvolvimento da linguagem em sala de aula, pois esta serve como função transformadora da mente dos alunos e não simplesmente como um facilitador da interação entre alunos e professor ou entre alunos e alunos. E, para tanto, estes

profissionais em educação tiveram que procurar entender conceitos como *a fala egocêntrica* das crianças. Segundo Vigotski (*apud* MOREIRA, 2011, p. 113),

“[...] a fala egocêntrica é o uso da linguagem para controlar e regular o comportamento da criança e não reflete o pensamento egocêntrico. A fala egocêntrica vem da fala social e representa a utilização da linguagem para mediar ações”.

O fato de uma criança falar durante a resolução de um problema, isto é, a criança está manipulando o objeto e falando sobre esta manipulação, como se estivesse narrando ao colega o que está acontecendo ou o que irá acontecer; a fala não deve ser interpretada, pelo professor, como indisciplina, ou até mesmo ato dispersivo. Deve ser compreendida como função psicológica complexa, que serve para auxiliar a resolução do problema em questão. Logo teremos a seguinte sequência no desenvolvimento da linguagem do indivíduo: primeiro, a fala social; segundo, a fala egocêntrica e, por último, a fala interna.

Por ora finalizo esta discussão da teoria da mediação apresentando um conceito novo, trazido por Vigotski: a *zona de desenvolvimento proximal*. Para tanto, trabalharei com um exemplo bem simples, já apresentado por este psicólogo em uma de suas obras literárias.

Entretanto, antes do exemplo, faz-se necessário informar o ponto de partida de nossa discussão que segundo Vigotski (1991, p. 56) “[...] é o fato de que o aprendizado das crianças começa muito antes delas frequentarem a escola”.

Basicamente, as crianças têm história, ou seja, vivenciaram situações de aprendizagem antes mesmo de ingressarem nos bancos escolares. Suponha que as crianças comecem a estudar aritmética. Será que em algum momento elas não tiveram experiências relacionadas, do tipo dividir balas ou somar bolinhas?

Feita esta apresentação do ponto de partida, vamos ao exemplo que nos permitirá a compreensão do conceito de zona de desenvolvimento proximal.

Suponha que eu queira pesquisar o desenvolvimento mental de duas crianças, ambas com nove anos de idade cronológica e sete anos em termos de desenvolvimento mental, ao entrarem na escola. Vale salientar que o valor numérico atribuído ao desenvolvimento mental foi obtido mediante testes aplicados a cada criança

separadamente, em que, por exemplo, era proposto um problema e solicitado que a criança o resolvesse sozinha, sem o auxílio de ninguém. Poderíamos então afirmar que ambas possuem a mesma idade mental? Claro, poderíamos sim afirmar. Contudo, o que isso me traria de significativo na docência? Bom, iria reforçar o que já sabemos que elas conseguiriam resolver, fazer tarefas até o grau de dificuldade padronizado pelo teste, isto é, resolveriam individualmente, de forma independente, atividades para a idade de sete anos.

Entretanto, gostaria de seguir investigando, só que agora a abordagem com as mesmas crianças seria bastante distinta da anterior. Então irei propor um problema, contudo mostrarei formas distintas de tratar tal problema, tais como: realizar uma demonstração inteira e pedir para a criança repeti-la; iniciar a solução e pedir para a criança completá-la, ou simplesmente fornecer pistas. Em síntese, de qualquer forma as crianças iriam resolver o problema com o meu auxílio. Com esta nova metodologia poderia se notar, por exemplo, que a primeira criança consegue lidar com problemas até o nível de 11 anos e a segunda até oito anos. Fica o questionamento: teriam essas crianças a mesma idade mental? A resposta é óbvia: não! Foi verificado que crianças com níveis de desenvolvimento iguais, quando orientadas por professores, poderiam atingir níveis de respostas distintas, logo se evidenciou que a primeira análise de classificação estava incompleta, ou seja, levando em consideração este enfoque investigativo, apresentavam idades mentais diferentes. Essa diferença entre 11 e sete anos ou entre oito e sete, é o que se chama de zona de desenvolvimento proximal. Nas palavras do próprio Vigotski (1991, p. 58),

“Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes”.

Fazendo uma analogia com a botânica, o desenvolvimento cognitivo seria a fruta, podendo a fruta estar madura, ou ainda ser um broto, ou flor. Supomos agora que a fruta esteja realmente madura, isto corresponderia à criança no nível de desenvolvimento real, em que esta resolve problemas de forma independente, ou seja, suas funções já amadureceram. Então, nesta perspectiva, o que corresponderia à criança estar na zona de desenvolvimento proximal? Simples, que o desenvolvimento continua

sendo um broto, ou flor; logo a criança não teria a capacidade de resolver problemas de forma independente. Contudo, esta flor em breve vai virar fruta! E seguindo nesta linha é intuitivo pensar que aquilo que hoje é considerado zona de desenvolvimento proximal, amanhã virará zona de desenvolvimento real.

O conceito de zona de desenvolvimento proximal veio destacar o papel da imitação na aprendizagem, antes um princípio intocável da psicologia clássica. Esta afirmação será valorizada e complementada, através de um exemplo de Vigotski (1991, p. 59):

“[...] se uma criança tem dificuldade com um problema de aritmética e o professor o resolve no quadro-negro, a criança pode captar a solução num instante. Se, no entanto, o professor solucionasse o problema usando a matemática superior, a criança seria incapaz de compreender a solução, não importando quantas vezes a copiasse”.

Carvalho (2012, p. 3) resume a zona de desenvolvimento proximal da seguinte forma:

“o conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) define a distância entre o ‘nível de desenvolvimento real’, determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e o ‘nível de desenvolvimento potencial’, determinado através de resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro”.

2.3 O Construtivismo Científico de Carvalho

Quando Anna Maria Pessoa de Carvalho apresenta o ensino de Ciências com o enfoque construtivista parte sempre de alguns pressupostos teóricos de origem epistemológica e psicológica, que tem como objetivo explicar como a humanidade e o indivíduo constroem o conhecimento, entretanto também leva em consideração dados empíricos que têm suas origens em pesquisas que consideram conceitos alternativos, pesquisas estas realizadas nas últimas décadas.

Chamo atenção para os três pressupostos apontados por Carvalho como base para o desenvolvimento do construtivismo no ensino:

“1) o aluno é o construtor do seu próprio conhecimento; 2) o conhecimento é um contínuo [...]; 3) o conhecimento a ser ensinado deve partir do conhecimento que o aluno já traz para a sala de aula” (CARVALHO, 1992, p. 9).

Embasado por estas considerações fica a indagação: Como planejar um ensino de Ciências que contemple tais pressupostos? Ou, mais especificamente, como elaborar aulas de Ciências para o Ensino Fundamental, almejando ir ao encontro destes pressupostos?

Para sorte e deleite de nós, educadores preocupados com o ensino de Ciências nos primeiros anos do ensino fundamental, um excelente horizonte já foi proposto, investigado e apresenta excelentes resultados. E é este horizonte que tentarei mostrar nos parágrafos a seguir.

Nós, professores do séc. XXI, não podemos ser ingênuos como foram nossos professores – cabe informar que cursei o ensino fundamental na década de 1980 –, acreditando que os alunos que estão em nossa frente não possuem conhecimento, ou seja, que começaremos a ensiná-los como se estes não soubessem nada.

Como assinala Carvalho (2009, p. 11)

“a tomada de consciência, por parte dos professores, de que é a partir dos conhecimentos que os alunos trazem para a sala de aula que eles entendem o que se apresenta em classe é muito importante para evitar a surpresa de se descobrir que os alunos “aprendem” coisas que os professores juram não ter ensinado”.

A existência destes conhecimentos justifica-se, pois foram construídos durante a vida, antes mesmo de frequentarem bancos escolares, afinal pessoas interagem com pessoas e com o mundo físico.

A existência destas concepções espontâneas, mais as dificuldades que os alunos apresentam – já enumeradas, por diversas pesquisas – servem de suporte para o planejamento das atividades experimentais “[...] passando de uma experimentação espontânea para uma experimentação científica – a fim de que os alunos possam (re)construir seu conhecimento” (CARVALHO, 2009, p. 13).

Fica claro o surgimento de uma cultura experimental, que tem como ponto de origem para o novo conhecimento a busca de respostas para situações problemáticas interessantes.

Após estes pequenos, contudo esclarecedores parágrafos, creio estar ficando explícita a metodologia construtivista, que aqui começa a ser abordada.

Resumindo, quando propomos uma metodologia construtivista, aspectos como esquemas conceituais espontâneos, possíveis dificuldades e elaboração de problemas interessantes devem ser examinados a todo o momento e polidos, se assim o professor entender como necessário.

A seguir, apresentarei três tópicos centrais, alavancados por Carvalho, que demonstram o teor de sua metodologia construtivista no ensino de Ciências. São eles: *o papel das atividades investigativas na construção do conhecimento; o papel do professor no ensino de ciências como investigação e etapas indispensáveis de uma aula com caráter investigativo.*

2.3.1 O papel das atividades investigativas na construção do conhecimento

O professor, nesta metodologia, deve ter ciência da importância de suas atividades propostas, pois estas devem promover problemas e questões que serão solucionadas/os através da ação, da manipulação dos objetos pelos alunos.

Não se espera que, com estas atividades construtivistas, o aluno descubra novos conhecimentos. O grande objetivo da utilização de experiências é permitir que o educando amplie seus conhecimentos sobre fenômenos naturais; claro, mediante a orientação e colaboração do professor.

Sempre uma atividade que pretenda desenvolver o conhecimento científico deve ter origem, isto é, será proposta a partir de um problema pelo professor.

Como destaca Carvalho (2009, p. 18):

"O problema é a mola propulsora das variadas ações dos alunos: ele motiva, desafia, desperta o interesse e gera discussões. Resolver um problema intrigante é motivo de alegria, pois promove a autoconfiança necessária para que o aluno conte o que fez e tente dar explicações."

A experimentação possibilita que o aluno saia do estado de contemplação, indo em direção à ponderação e, portanto, encaminhando-se na busca de reflexões, contudo o professor deve estar ciente das etapas da ação do aluno, visto que uma atividade de ciências só é significativa mediante tais ações.

Quando enfatizo que os professores devem estar cientes das etapas de ação dos alunos quero dar ênfase ao saber fazer e compreender. Quando um problema é proposto aos estudantes, eles começam a agir sobre os objetos para ver como estes funcionam. É claro que neste momento inicial de contato e manipulação dos objetos, as crianças ainda não saibam resolver tal problema, todavia algumas hipóteses já vão sendo construídas, em consequência das ações e das “respostas” a essas ações pelos objetos, permitindo novas ações que levarão à solução do problema.

Solucionar o problema não caracteriza o final da atividade. Eles atingiram o “saber fazer”, mas será que compreenderam o que fizeram? Em outras palavras, tudo bem, o problema foi resolvido experimentalmente. Agora queremos saber se os alunos conseguem explicar como resolveram o problema, o que fizeram para chegar à solução. Carvalho (2009, p. 20) mostra que:

“Pensando no que fez, para contar para o professor e para a classe, o aluno vai fazendo ligações lógicas, estabelecendo conexões entre suas ações e reações dos objetos. As relações gradualmente vão sendo desvinculadas das ações da própria criança para as relações entre modificações dos atributos físicos dos objetos e respectivos resultados”.

Durante esta reconstrução da própria ação por parte do aluno, vai se iniciando algo fabuloso: *a conceituação*, que vai evoluindo gradualmente, incorporando noções necessárias para a explicação dos fenômenos. Desta forma fica muito clara a relação intrínseca entre o fazer e o compreender.

Finalmente, tenho condições de afirmar, se nosso objetivo é que nossos alunos aprendam ciências “[...] então é preciso que em cada aula, em cada atividade, os incentivemos a compreender o que já sabem fazer” (CARVALHO, 2009, p. 22).

2.3.2 O papel do professor no ensino de ciências como investigação

Nesta abordagem construtivista, o papel do professor é de extrema importância, entretanto é muito distinto do papel do professor no ensino tradicional; tal diferença fica completamente evidenciada no que tange à interpretação, à compreensão, que ambos possuem a respeito de *conteúdos escolares*. O professor construtivista teve a capacidade de ampliar seu entendimento a respeito do conceito de conteúdos escolares e, assim,

desenvolver uma metodologia adequada, condizente com esta evolução de conceito; já o professor tradicional continua acreditando que conteúdos escolares são apenas os conteúdos que aparecem na ementa da disciplina.

Uma maneira de visualizar tal mudança na interpretação do que sejam conteúdos escolares é que hoje, para um professor construtivista, fatos e conceitos continuam sendo conteúdos, entretanto juntam-se a estes, os procedimentos – indispensáveis no ensino de Ciências –, as atitudes, as normas e os valores.

À medida que se amplia o conceito de conteúdo escolar, o papel do professor em sala de aula torna-se ainda mais fundamental. O professor é figura-chave no desenvolvimento das atividades e, por esse motivo, é importante discutir alguns pontos relacionados à sua atitude em sala de aula, bastante diferente do professor que trabalha de forma tradicional (CARVALHO, 2009, p. 26), a saber:

- a autonomia do aluno;
- a cooperação entre os alunos;
- o papel do erro na construção do conhecimento;
- a avaliação;
- a interação professor-aluno.

Neste momento irei discutir de forma resumida esses pontos.

Todos nós, professores, gostaríamos de trabalhar com alunos autônomos, mas a pergunta é: Por que eles não são autônomos? Creio ser a resposta bem simples: não permitimos que tenham autonomia. Entretanto devemos estar conscientes que alunos pensantes, capazes de tomar suas próprias decisões, estudando sozinhos ou em grupos, não surgem como um “conto de fadas” em nossa profissão, eles são fruto de uma metodologia construtivista que deve ser implantada já nos anos iniciais. Mas devemos tomar cuidado, esta autonomia deve ser construída através do estabelecimento de regras de trabalho e convivência em sala de aula, quer dizer, o começo não deve ser nada fácil.

Estas regras de trabalho e convivência devem ser discutidas, negociadas entre professores e alunos, de forma que a obediência ao professor seja uma forma de cooperação. Não estou afirmando que os alunos comandarão a aula, longe disto, os

alunos devem cooperar, não comandar. Não podemos ter uma classe alienada, reproduzindo somente o que o docente quer ouvir!

A construção da autonomia moral, das regras de convivência em sala de aula, é necessária para o aluno alcançar a autonomia intelectual, pois uma não existe sem a outra. Se o aluno tiver de seguir regras preestabelecidas sem liberdade de dialogar com seu professor, ele também aceitará, sem discutir e sem questionar, dar a resposta que o professor quer, ainda que pense de outra maneira (CARVALHO, 2009, p. 27).

O ensino construtivista aponta a necessidade da cooperação entre os alunos, necessidade esta que não é observada e muito menos necessária no ensino tradicional. Contudo, apenas colocar alunos para trabalharem em grupo não é garantia de interação entre eles, muito menos certeza de cooperação, ou perda do egocentrismo. A tão desejada cooperação e o efetivo trabalho com seus pares surgirão se eles tiverem uma atividade interessante que precise realmente da participação de todos, logo os estudantes devem ter um problema empolgante e desafiador para resolver.

Quando os alunos ficam em torno de um problema que precisa de solução, eles começam a compartilhar ideias, desenvolvendo assim habilidades de argumentação, pois começam a tomar consciência de inúmeras hipóteses que vão surgindo; esta tomada de consciência surge simultaneamente quando começam a desenvolver sua capacidade de ouvir o colega. Entretanto nem todos irão aceitar tranquilamente hipóteses ou explicações contrárias às suas e este é um dos momentos em que o papel do professor é fundamental, pois ele deve estar atento a possíveis discussões mais ríspidas que surgirão eventualmente dentro dos grupos, atuando como mediador.

Agora, refletiremos um pouco a respeito do papel do erro. Para nós, professores, tratar esta questão em situações de aprendizagem não é trivial. Principalmente por nós educadores acreditarmos ter “[...] o compromisso pedagógico de ensinar corretamente uma ciência, o erro nunca deveria aparecer e, se isso acontecesse, deveria ser corrigido imediatamente, para que ficasse bem claro o que é certo e o que é errado” (CARVALHO, 2009, p. 30). Nós, professores, não podemos ser ingênuos a ponto de acreditar que um erro pode ser apagado com uma borracha e que, mesmo acompanhado de uma explicação, o erro pode ser extinto, sanado. Pois sabemos – de nossas práticas

enquanto professores – que os alunos voltam a errar, pois tais erros estão alicerçados em um conjunto de referências que parece bastante sensata para os alunos.

Em uma proposta construtivista de ensino de Ciências, o erro torna-se muito frequente, cabendo, então, aos professores uma forma apropriada de lidar com estes erros, convertendo-os em situações de aprendizagem. Neste caso, Carvalho (2009, p. 30) nos propõe a seguinte orientação:

“Nesses casos, partimos da explicação do aluno, procuramos entender a estrutura de seu pensamento e, por meio de perguntas que o levem a conflitos cognitivos ou dando-lhe novos conhecimentos, criamos condições para que ele mesmo possa superar seu erro.”

Para avançar um pouco na tentativa da compreensão e importância do erro, vamos retomar a ideia que nossas ações físicas e mentais dependem, na concepção de Piaget, de dois sistemas cognitivos: o fazer e o compreender.

Assumamos que a criança tem um problema para solucionar e, na tentativa de resolução deste, através da manipulação de objetos disponíveis, não conseguiu, pois optou por procedimentos inadequados. Entretanto a criança dispõe de uma estrutura cognitiva, afinal recorreu a alguns procedimentos, logo o erro caracteriza um não aprimoramento de conhecimentos já construídos. Nesta situação em particular, os alunos recorrem a outros grupos, isto é, a grupos que já resolveram tal tarefa, em busca da solução; num enfoque tradicional esta atitude por parte dos alunos seria inaceitável, visto que caracterizaria “cola”, uma simples cópia do que os outros grupos já fizeram; já no enfoque construtivista observa-se que os alunos buscam um acerto, uma pista de um caminho alternativo, visto que já tem consciência de seu erro.

É possível que os alunos de determinado grupo não consigam manusear os objetos, isto é, não consigam selecionar uma estratégia de ação, pois não apresentam uma estrutura cognitiva adequada, suficiente para a solução de tal problema, e que este erro surja em decorrência da existência de lacunas em sua estrutura cognitiva, o que dificulta a assimilação de dados disponíveis. Entretanto, é possível um cenário um pouco mais preocupante, em que o aluno não resolve o problema, pois o problema não lhe parece perturbador, pois, para que seja perturbador, seu sistema cognitivo já o deveria ter assimilado. Não assimilar o problema significa que o aluno não tem a mínima ideia do que está tentando resolver.

Cabe então ao professor identificar que tipo de erros a criança está cometendo e fornecer condições para que estes sejam superados.

Neste momento, já admitimos que os alunos resolveram o problema, através da manipulação dos objetos disponibilizados pelo professor, então é indispensável investigar se estes alunos sabem explicar porque determinadas ações sobre os objetos ajudaram a resolver o problema e para este fim é permitido que os alunos proponham explicações causais.

No que tange à avaliação, numa visão construtivista não podemos encará-la como classificatória; ela deve ser interpretada como instrumento de aprendizagem e, portanto, deve estar presente em todas as fases do ensino, ou seja, a todo o momento os alunos devem ser avaliados: na manipulação dos objetos, na interação com os demais estudantes, na proposição de hipóteses, nas explicações causais. As respostas dos alunos não devem ser comparadas com o propósito de ver qual foi a mais completa, mais eficiente, mas devem ter um intuito investigativo. Exemplifico. Admitindo que a resposta de João foi excelente e que a de Bernardo foi razoável, que encaminhamentos o professor poderia propor a Bernardo, para que ele possa construir seu conhecimento, superando assim suas dificuldades?

Atingimos neste momento o último ponto: a interação professor-aluno. O professor construtivista tem, diariamente, atividades muito mais complexas, se comparadas ao professor tradicional. Destes profissionais cobram-se sempre aulas criativas, mas esta criatividade deve aparecer de forma objetiva, de modo que o aluno seja encaminhado através de situações de aprendizagem a construir seus conhecimentos, quer dizer, não é suficiente que o professor domine o conteúdo nem que tenha um ótimo relacionamento com seus educandos. O professor precisa propor atividades que permitam que os educandos manipulem e explorem objetos disponibilizados para a solução de problemas; como os alunos irão trabalhar em grupo, devem ser criadas regras de conduta, tornando o convívio saudável, permitindo, assim, o desenvolvimento cognitivo.

Também devemos salientar que um ambiente de cumplicidade e respeito deve ser atingido entre professor e alunos, pois desta forma os alunos terão liberdade de

desenvolvimento, sempre tendo oportunidades de fazer perguntas e expor suas convicções – mesmo que estas possam parecer erradas.

Dentro desta perspectiva, Carvalho (2009, p. 33) afirma:

“É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; é o professor que promove oportunidades para reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas.”

Finalizando, gostaria de salientar que considerar o aluno como construtor do seu próprio conhecimento nada mais é do que permitir que o aluno seja o sujeito que aprende. Com isso estou querendo dizer que ninguém pode aprender por ele. Alguns poderiam afirmar: – Então foi atribuído a estes pequenos a tarefa de descobrir ou de inventar conhecimentos! Entretanto, não é o que penso. Os conteúdos já foram elaborados e definidos, o aluno reconstrói na escola conhecimentos que já foram construídos – aceitos na comunidade científica – através de atividades propostas pelo professor, cujo objetivo final é explicar um fenômeno físico.

2.3.3 Etapas indispensáveis de uma aula com caráter investigativo

Nesta seção apresentarei as etapas de uma aula sobre conhecimento físico, com caráter investigativo. Preciso tornar público que estas etapas foram propostas por Carvalho, pois esta entende que os alunos, durante as atividades de conhecimento físico, passam por momentos de ação e reflexão. Sendo assim, faz-se necessária uma pequena discussão sobre tais etapas, na ordem em que ocorrem durante as aulas.

Começo então pelo *problema proposto pelo professor*. O professor inicia separando a classe em grupos de no máximo cinco alunos. Estes grupos devem ficar dispostos em torno de uma bancada improvisada – classes organizadas –, ou se a atividade não necessitar desta suposta bancada, podem ser organizados no chão da sala de aula, ou quem sabe até mesmo no pátio. Na sequência é distribuído aos grupos o material que o professor julga ser necessário para a solução do problema; materiais iguais são disponibilizados a todos os grupos. Detalhes: as crianças não utilizam

cadeiras durante a atividade, pois a maioria quer participar; o número reduzido de integrantes por grupo permite que os componentes tenham acesso ao material disponibilizado e, além disto, facilita o diálogo; alguns materiais chamam muita atenção dos alunos – como bolinhas, carrinhos, espelhos – logo estes devem ser distribuídos após a apresentação do problema, pois, com a atenção voltada para os materiais, os alunos podem não prestar atenção ao problema proposto e, na continuação, não o entenderem.

Então o professor propõe o problema e espera sua solução por parte dos alunos. Em momento algum a solução deve ser revelada pelo professor. Quanto à explicação física, não devemos esperar que os alunos cheguem de forma precisa a ela, basta que se aproximem do que hoje é aceito no cenário científico.

Cumprida a primeira etapa, os alunos agora estão *agindo sobre os objetos para ver como estes reagem*. Nesta etapa os alunos começam a ter o primeiro contato com os objetos ofertados, isto é, começam a manusear o material experimental; então o professor caminha pela sala de aula, entre os grupos e verifica se todos os alunos integrantes de cada grupo estão tendo a oportunidade de manipular o material. Não é difícil observar que em determinados grupos alguns alunos não queiram dividir o material, gerando possíveis atritos e discussões. Neste momento é indispensável a interferência do professor, que não deve ficar alheio a tais situações, ou seja, deve tomar alguma atitude, afinal um dos objetivos destas investigações é que os alunos aprendam a cooperar e dividir, visto que “[...] o conteúdo físico não é o único que desejamos ensinar com as atividades” (CARVALHO, 2009, p. 37).

Cumprida a segunda etapa, ingressamos na terceira, e nesta os alunos ficam *agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado*. Agora os alunos já conhecem a potencialidade do material, pois já o manusearam, então o próximo passo é manipulá-lo até obter o efeito que corresponda à solução do problema proposto.

Novamente a atitude do professor é fundamental, pois este deve caminhar pela sala, conversar com todos os grupos e, nesta conserva, investigar se os alunos entenderam e chegaram a uma solução para o problema. Para este fim, pode solicitar que os alunos mostrem e contem o que já fizeram ou o que ainda estão fazendo. O professor não deve resolver o problema para os grupos, pois, se este for adequado, os

alunos encontrarão sozinhos a solução, basta o professor exercitar a paciência e esperar. Observe que no momento em que o professor está interagindo com cada grupo, ele possibilita que os integrantes refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem.

Na quarta etapa da aula, os alunos começam a *tomar consciência de como foi produzido o efeito desejado*. Contudo, para que esta etapa realmente seja atingida, o professor deve organizar uma discussão com todos os discentes, ou seja, desfazer os pequenos grupos e montar um grande grupo.

Então o professor precisa, antes mesmo de organizar as crianças em semicírculo, recolher os materiais, para garantir que a atenção fique voltada à discussão das questões. Agora é o momento de falar e de ouvir sobre o problema que resolveram. As crianças são instigadas a contar, a relatar, a pensar sobre a atividade que acabaram de executar. Detalhes: os alunos são organizados em um semicírculo, pois assim todos prestam atenção em quem está falando. A discussão envolve toda a turma e não somente um aluno e o professor; esta forma de organização desfaz temporariamente os grupos e isto é muito importante, pois quando os grupos são mantidos, geralmente um aluno torna-se seu representante e só ele fala em nome dos demais; outro aspecto importante é que se os grupos forem mantidos, enquanto o professor interage com um dos grupos, os outros grupos se dispersão; escutar as colocações dos colegas contribui para que cada criança comece a organizar suas ideias.

É importante salientar novamente que a discussão começa com o professor solicitando que os alunos contem como fizeram para resolver o problema. A princípio todos querem relatar o que fizeram ao mesmo tempo. Cabe ao professor a mediação dos relatos; como estamos trabalhando com crianças, é muito natural que todas tenham a necessidade de contar o que fizeram; logo, várias repetições irão aparecer, contudo é salutar que o educador respeite esta necessidade e, mais, deve ouvir com entusiasmo todos os relatos, pois se estas repetições não forem respeitadas, a etapa seguinte será comprometida.

Chegamos à quinta etapa denominada *dando as explicações causais*. Uma vez que na etapa anterior todos os alunos tiveram a oportunidade de contar como resolveram o problema, agora é atingido o momento de tentar entender como o problema foi

resolvido. Sendo assim, esta etapa é caracterizada por perguntas do tipo “Por quê?” elaboradas pelo professor.

É comum que os alunos novamente relatem como resolveram o problema, então o professor atentamente escuta e, logo em seguida, refaz a pergunta, permitindo que o aluno avance em seu conhecimento. O professor está procurando explicações, todavia nem sempre estas aparecem, nas primeiras indagações e argumentações. Cabe então ao educador ir formulando novas indagações para chegar aos “por quês”. Salientamos que este é um “caminho perigoso”, pois o professor deve ter claro até onde quer ir com seus alunos. Outro aspecto importante é que classes distintas podem apresentar explicações distintas, afinal cada uma tem um contexto.

Escrevendo e desenhando é a sexta etapa. Nela “[...] o professor solicita aos alunos que escrevam e/ou façam um desenho sobre a experiência” (CARVALHO, 2009, p. 38).

É possível surgirem relatos sucintos, outros mais extensos, relatos acompanhados de desenhos ou somente desenhos. Estes registros, feitos pelos alunos, são um tipo de retorno para o professor no que se refere à sua aula, pois neles estão explicitados a compreensão dos alunos, seus conceitos, relações, variáveis...

O professor não deve solicitar relatórios tradicionais do tipo que começam listando os materiais utilizados e terminam numa conclusão. O estudante deve ficar completamente livre para escrever. Até mesmo as famosas perguntas que são colocadas no quadro, com o intuito de orientar a escrita, devem ser repensadas, pois, conforme relata Carvalho (2009, p. 39), “quando o professor escreve perguntas na lousa, a tendência dos alunos é respondê-las secamente, como se fossem um questionário”.

Outro aspecto importante levantado nas investigações é que o material produzido pelas crianças é muito significativo no que tange à Língua Portuguesa, ou seja, os alunos escrevem mais e melhor nas aulas de Ciências. Finalizando, é indispensável que estas produções (desenhos, redações) sejam feitas na escola, pois o experimento realizado minutos antes mantém as crianças esfuziantes, entusiasmadas, com inúmeras coisas para contar.

Durante a realização das etapas anteriores, a participação do professor é fundamental. E, na sétima e última fase que será apresentada agora, torna-se ainda mais importante, pois é o momento de *relacionar atividade e cotidiano*.

Penso ser o momento que todo professor espera, ou seja, fechar sua aula com “chave de ouro”. E, para isto, é preciso aproveitar as atividades de conhecimento físico e levar os alunos a relacioná-las com o seu cotidiano, pedindo que eles deem exemplos, que mostrem uma conexão entre os experimentos realizados e seu cotidiano. Inúmeras vezes esta conexão entre experimentos e cotidiano já são observadas nas produções textuais e nos desenhos que os alunos fazem, que vem carregadas de uma diversidade de vivências que cada criança traz para a sala de aula, afinal elas têm relações sociais, afetivas e cognitivas, a todo o momento, e não somente na escola.

2.4 O Referencial Teórico e as Práticas Construtivistas na Capacitação de Discentes do Curso de Pedagogia

É notório que a educação vem sofrendo modificações, impulsionada por necessidades da sociedade atual, e essas mudanças atingem a escola, que precisa de alguma maneira possibilitar o acesso da geração atual aos conhecimentos construídos anteriormente. Porém, muito conhecimento já foi produzido, impossibilitando que todos saibam tudo, por isso é necessário optar-se pelos conteúdos fundamentais, dando uma ênfase maior no processo de obtenção do conhecimento – e acredito ser neste ponto que meu trabalho pode contribuir mais efetivamente – sem jamais esquecer o próprio conteúdo. Epistemólogos e psicólogos, através de seus estudos e trabalhos publicados, contribuíram para o entendimento de como os conhecimentos são construídos tanto em nível pessoal como social.

Como o meu trabalho refere-se ao ensino de ciências– mais especificamente ao cotidiano das salas de aula de ciências para os anos iniciais do ensino fundamental – foi fortemente influenciado por Piaget, Vigotski e Carvalho.

A educadora Anna Maria Pessoa de Carvalho investigou as possíveis influências dos referenciais teóricos – piagetiano e o vigotskiano – no ensino de ciências e acabou

concluindo que, embora em décadas anteriores estes referenciais parecessem conflitar, hoje eles são vistos como complementares, quando aplicados em diferentes momentos e situações do ensino e da aprendizagem em sala de aula.

Quando partimos de um problema proposto ao aluno para dar início à construção de um conhecimento, estamos embasados nos resultados obtidos empiricamente por Piaget durante suas entrevistas com crianças e adolescentes. Este problema, que o professor propõe para o aluno resolver, cria condições para que o educando possa raciocinar e construir o seu conhecimento. No ensino expositivo, o aluno só segue o professor. Entretanto, quando o professor disponibiliza um problema cabível de ser resolvido, o aluno vira o/a agente pensante, pois é ele/a que raciocina, cabendo ao educador “orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento” (CARVALHO, 2013, p. 2).

Os conceitos-chave da teoria piagetiana para construção do conhecimento pelos indivíduos (assimilação, acomodação e equilíbrio) permitem reconhecer que todo novo conhecimento tem origem num conhecimento anterior. Ainda fazendo referência aos conceitos – e em especial à equilíbrio – faz-se necessário salientar duas condições importantes para o ensino e a aprendizagem escolar: a importância da passagem da ação manipulativa para a ação intelectual e a importância da tomada de consciência de seus atos nas ações (PIAGET, 1978). Estas condições foram privilegiadas em todos os encontros de capacitação de discentes e docentes que realizei.

A importância do erro na construção de novos conhecimentos – que também é uma condição apontada por Piaget – surge na mudança da ação manipulativa para a intelectual.

As contribuições de Piaget são mundialmente reconhecidas, contudo em nosso ambiente escolar não trabalhamos com um único indivíduo. Nesta condição, em que existe uma construção social do conhecimento, os saberes produzidos por Vigotski são de extrema relevância.

Posso destacar duas contribuições do psicólogo Vigotski para o ensino: a constatação de que as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais e que os processos sociais e psicológicos humanos se firmam através

de ferramentas ou artefatos culturais, que mediam a interação entre os indivíduos e entre esses e o mundo físico. Esta interação social não é dada apenas pela relação professor e aluno, mas por todo o ambiente que media esta comunicação.

Na minha produção são utilizadas ambas as contribuições, assim como faço uso do conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal, que está presente em todos os trabalhos em grupo e também nas orientações para o professor. Observo que a maioria dos educadores organizam suas atividades de sala de aula em grupos, entretanto poucos buscam compreender o motivo dos alunos ficarem confortáveis com esta dinâmica, o que a meu ver parece ser bem simples: os alunos estão todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real, logo o entendimento entre eles é muito mais fácil. Minhas atividades são planejadas em grupo não por uma opção, e sim por necessidade! Neste sentido Carvalho (2013, p. 5) destaca:

“Entretanto para utilizar a dinâmica de grupo eficazmente, dentro da teoria vigotskiana, deve-se escolher deixar os alunos trabalharem juntos quando na atividade de ensino tiver conteúdos e/ou habilidades a serem discutidos, quando eles terão a oportunidade de trocar ideias e ajudar-se mutuamente no trabalho coletivo.”

A teoria de Vigotski reconhece o papel do professor, na construção do conhecimento, dentro de uma proposta sociointeracionista, em que os educadores têm a capacidade de elaborar problemas que vão potencializar a construção de novos conhecimentos pelos educandos. Logo, fica fácil compreender o motivo de eu querer contribuir na capacitação de professores e também dos futuros professores.

Passei pelos trabalhos de Piaget, Vigotski e finalmente cheguei a Carvalho, que teve a capacidade de extrair destes pesquisadores pontos que podem caminhar juntos, ou melhor, que caminham juntos de fato, quando nos referimos às atividades construtivistas no ensino de ciências para os anos iniciais do ensino fundamental. Epistemologicamente, a posição de Gaston Bachelard (2001) vai ao encontro dos referenciais já descritos, quando propõe que todo conhecimento é a resposta a um problema. E começar uma atividade de ciências em sala de aula a partir de um problema é o que Carvalho também propõe. Portanto, minha investigação através de uma capacitação, tem como pilar fundamental a proposição de um problema que poder ser resolvido com o material disponibilizado. É evidente que dúvidas podem surgir e certamente surgirão:

- Como propor problemas a professores e a futuros professores?
- Que materiais oferecer?
- Que dinâmica trabalhar?
- Será que os docentes estarão disponíveis para trabalhar com atividades centradas no operacional-concreto, visto que já se encontram no operacional-formal?

Estas, e outras dúvidas, é que tentarei sanar com o desenvolvimento deste trabalho.

CAPÍTULO 3

3. ESTUDOS ANTERIORES

Esta revisão procurou identificar inicialmente trabalhos de dissertação já publicados pelos Mestrados Profissionais, como o do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS.

Nesta busca, em primeiro lugar fiz uma investigação de quantos trabalhos já haviam sido publicados desde a implantação do programa da UFRGS e verifiquei um total de 90 publicações até o momento.

Em segundo lugar busquei identificar quantas destas 90 publicações tinham alguma relação com o ensino de Física no ensino fundamental. A resposta obtida foi 14 publicações, correspondendo a 15,6% dos trabalhos realizados.

Filtrando um pouco mais, tentei identificar quantas destas 14 publicações tinha algum ponto em comum com a minha investigação, isto é, quais delas referiam-se ao construtivismo e/ou à capacitação de professores. Destas 14, um total de nove publicações de certa forma tinha alguma relação com a minha investigação.

Andrade (2005) fez uma abordagem conceitual quando desenvolveu atividades para a oitava série do Ensino Fundamental sobre luz e cores. Embora sua proposta possa ser adaptada para outros níveis de ensino, como os anos iniciais do Ensino Fundamental, minha proposta construtivista não dialoga na íntegra com a desta autora visto que não utilizamos roteiros e muito menos começamos com organizadores prévios. Identifico qualidades em sua abordagem, tais como a preocupação com a construção das atividades e sua imediata aplicabilidade, além de bons resultados experimentais com a utilização de materiais de baixo custo.

Machado (2005) gerou um estudo sobre o desenvolvimento e a implementação de unidades didáticas na formação de professores das séries iniciais do ensino fundamental. Tal pesquisa foi realizada no Colégio Santa Catarina, uma escola privada com cerca de 1800 alunos, situada na cidade de Novo Hamburgo, RS. O autor trabalhou

durante todo o ano de 2004 em uma turma do segundo ano do curso Normal, composto em sua ampla maioria pelo sexo feminino e que já havia tido contato com a disciplina de Física no 1º ano. Por ter pontos em comum com nossa proposta, vamos detalhar um pouco mais este estudo.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa (MACHADO, 2005, p. 25) com as alunas da turma que estavam no 2º ano do Curso Normal para uma melhor análise da situação real em que o projeto seria implementado. Em resposta às perguntas feitas pelo pesquisador, destacou-se que em nenhum momento foram citados experimentos, apesar de terem sido realizados no 1º ano. Com o objetivo de refinar ainda mais o diagnóstico sobre a leitura que os alunos faziam sobre a disciplina de Física, foi feito o seguinte questionamento: – “Em sua opinião, a Física deve ser ensinada da mesma forma no curso Normal e no ensino médio regular?” (MACHADO, 2005, p. 25)

Baseado nas respostas dos alunos, Machado (2005, p. 26) fez a seguinte interpretação:

“[...] podemos constatar que alguns dos alunos têm uma real dimensão sobre a necessidade de diferenciação, entre o ensino de Física no Curso Normal e o ensino de Física em outras modalidades de nível médio... Por outro lado, é notório que alguns alunos possuem uma visão equivocada da real finalidade da Física ensinada no Curso Normal.”

O pesquisador trabalhou com todos os conteúdos propostos pela escola (iniciação científica, trabalho de uma força e potência, energia mecânica, hidrostática e termologia) dando ênfase à compreensão e à relação dos conceitos estudados, chegando a quase abandonar a resolução de problemas de forma numérica. Cada tópico foi baseado no conhecimento prévio dos alunos; para tanto, foram estabelecidas relações entre os fenômenos físicos que seriam estudados e os elementos presentes no cotidiano e nas concepções dos alunos.

As unidades didáticas envolveram temas como aprendizagem significativa, mapas conceituais, método científico, eletricidade e eletromagnetismo e modelos atômicos e partículas elementares.

Os primeiros quatro encontros foram utilizados para tratar de temas referentes à aprendizagem significativa e mapas conceituais. No quinto encontro, foi apresentado o primeiro tópico de Física. Eram utilizadas como estratégias, aulas expositivas e

dialogadas e, quando necessário, experimentos demonstrativos e simulações computacionais.

Após concluir o programa proposto pela escola, o pesquisador começou a implementar a parte de seu projeto referente ao método científico, por julgar que um docente, ou neste caso mais específico um futuro docente, precise conhecer elementos de epistemologia da Ciência. Já na 1ª aula relacionada ao método científico foram enfocados elementos como a visão empirista-indutivista e a evolução do conhecimento científico (a aula novamente foi expositiva). Na aula seguinte, foi proposta, em grupos, uma tarefa de identificar em livros de Ciências das séries iniciais, elementos que evidenciassem uma visão epistemologicamente equivocada sobre a construção do conhecimento científico. Um grande grupo foi formado no terceiro encontro, para a apresentação dos resultados desta pesquisa.

Com o objetivo de ir ao encontro da chamada atualização curricular, a próxima unidade didática a ser desenvolvida foi modelos atômicos e partículas elementares. No primeiro encontro desta nova unidade proposta pelo pesquisador, os alunos já haviam, em sua maioria, tido contato com o texto pré-elaborado sobre este tema (ele tinha sido entregue aos alunos no fechamento da unidade didática anterior). Neste encontro a evolução dos modelos atômicos foi abordada de forma expositiva, assim como as características básicas das partículas que os alunos tinham como constituintes do átomo. Um software livre também foi utilizado neste encontro para melhor visualização dos modelos atômicos. No segundo encontro, utilizando os mesmos recursos, outras partículas foram apresentadas aos alunos e um novo mapa conceitual foi proposto para organizar o que tinha sido estudado até o momento. Ainda neste encontro, alguns experimentos simples, como a atração gravitacional entre a Terra e a caneta, e a atração entre dois ímãs, foram demonstrados com intuito de introduzir o conceito de campo e, na sequência, foram apresentadas as quatro interações fundamentais existentes na natureza, tendo um enorme zelo na apresentação das interações nuclear fraca e nuclear forte. E, finalmente, nesta aula foram apresentados os bósons e, no final da aula, o mapa conceitual foi atualizado. Na terceira e última aula desta unidade de ensino os alunos deveriam trazer seus mapas conceituais referentes à unidade. Foram montados grupos e foi solicitada a tarefa de construir uma história em quadrinhos.

A última unidade de ensino tratou de Eletricidade e Eletromagnetismo. No primeiro encontro foi feita uma abordagem sobre carga elétrica, tipos de eletrização e também foi promovida pelo professor a demonstração de um experimento bem simples, mas que produz grande impacto nos alunos – caneta com excesso de carga elétrica é aproximada de um filete de água que escorre em uma torneira. No segundo encontro, foi abordada a diferença de potencial elétrico. Foram utilizadas analogias com a mecânica para inserir o conceito sendo que assim foi possível mostrar a finalidade de um gerador químico e apresentar o conceito de corrente elétrica. Ainda nesta aula, outra demonstração com caráter investigativo foi proposto: a condução de corrente elétrica na solução água + sal e na solução óleo. A aula foi encerrada após um debate entre os grupos, referentes às explicações sobre o que foi observado. Na terceira aula, foram utilizados dois ímãs para demonstração de atração e repulsão e questionamentos sobre a natureza da força que ali aparecia foram feitos pelo professor. A aula teve continuidade com a abordagem da experiência de Oersted. Primeiro foi enfatizada a importância de tal experiência e depois a mesma foi realizada. Este encontro foi finalizado com a discussão sobre os temas desenvolvidos, ficando como tarefa para casa a construção individual de um mapa conceitual sobre os conceitos estudados na unidade e a obtenção de alguns materiais para a aula seguinte. Na quarta aula, os alunos foram dispostos em grupos com cinco componentes cada e, pela primeira e única vez durante todo o ano, o professor começou a aula pedindo que os alunos resolvessem um problema, utilizando os materiais que trouxeram de casa.

Alguns resultados obtidos apresentados pelo autor foram:

“Notamos que existe, por parte dos alunos, uma aceitação muito grande em relação à Física como possível de ser inserida nas aulas. Pelos relatos, notamos que conseguimos fazer com que os alunos passassem a enxergar a Física não como uma disciplina sem vínculo com as séries iniciais. Muito pelo contrário, observamos que estes passaram a ver a Física como disciplina imprescindível de ser estudada pelas crianças, dado o caráter explicativo que apresenta aos alunos sobre fenômenos de seu cotidiano.” (MACHADO, 2005, p. 85).

A proposta de trabalho apresentada pelo autor visa melhorar a formação do docente das séries iniciais, tanto do ponto de vista inicial – que aqui já foi apresentada – como de forma continuada. Mas na formação continuada de docentes ele optou por uma metodologia totalmente baseada na utilização de um ambiente virtual de aprendizagem.

O autor salienta que um ambiente virtual construtivista deve oferecer experiências que possam servir de base para que o docente possa construir seu próprio conhecimento e, também, refletir sobre o conteúdo propriamente dito. O ambiente virtual construtivista utilizado no estudo é denominado *InterAge*.

Tendo como público-alvo crianças de seis anos de idade, inseridas em um ambiente escolar carente de recursos didáticos, Grala (2006) desenvolveu um trabalho voltado para a introdução precoce de situações problemáticas em Física, através de atividades lúdicas, cujo objetivo era promover a aprendizagem significativa dos conceitos abordados. Ela utiliza o interesse natural das crianças em examinar objetos, em agir sobre eles e em observar o que ocorre, com o intuito de aproveitá-lo como encorajamento à estruturação de novos conhecimentos, de forma que estes sejam extensões naturais dos conhecimentos que já possuem e, por isso, o ensino proposto estará sempre subordinado ao ritmo natural do desenvolvimento das crianças. As ações e reações das crianças são gravadas durante as atividades e estas são analisadas posteriormente.

Foram feitas duas aplicações na Escola Municipal Cerro Azul, em Gravataí, RS. A primeira aplicação ocorreu de setembro a novembro de 2004 e contou com a participação de 12 crianças de seis anos (matriculadas na pré-escola). Foram feitos dez encontros, um a cada semana. Durante esta primeira série de encontros buscou-se descobrir os interesses das crianças e adequar as aulas a estes interesses. Também foi possível detectar falhas e corrigi-las para a segunda intervenção. Já a segunda aplicação ocorreu de março a maio de 2006, com 21 crianças também de seis anos, agora matriculadas no primeiro ano do ensino fundamental, visto que a reforma no ensino já havia sido implantada. Contudo, o número de encontros foi reduzido para oito, também ocorrendo semanalmente.

Dois conceitos físicos – força e energia – foram selecionados para serem explorados, após a observação da rotina dos alunos, conversas com a professora responsável pela classe e, claro, experiência quando da implementação da primeira intervenção.

No começo de cada aula era necessário negociar com as crianças as regras das atividades, firmando um acordo de quais tarefas seriam executadas e em que ordem

seriam realizadas. Geralmente a sequência era: 1º) brincar, 2º) discutir em grupo, 3º) expor ao grande grupo as conclusões e 4º) fazer um relatório. Nesta época as crianças ainda não estavam alfabetizadas, logo o cronograma estabelecido era registrado em forma de desenhos no quadro, assim como o relatório das crianças.

A autora relata que os resultados iam aparecendo de forma bastante sutil, mas que mesmo assim resultados positivos puderam ser verificados ao longo dos encontros, nos quais foi possível comprovar o crescimento cognitivo das crianças através de suas atitudes e falas. Outro aspecto, também observado pelas falas das crianças, foi que o desenvolvimento cognitivo estava, naquele momento, à frente do desenvolvimento linguístico, já que os integrantes do grupo ainda não tinham amplitude de vocabulário para comunicarem o que sabiam. No parágrafo final, enfatiza que proporcionar às crianças oportunidades de aprender conceitos físicos desde cedo é uma atitude que, embora pareça ambiciosa, está se mostrando exequível e desejável.

Damasio (2007) desenvolveu um programa de qualificação para professores das séries iniciais do Ensino Fundamental para o ensino de Física. Este programa vem formatado com aulas de laboratório, aulas de formalização teórica em sala de aula com o uso de textos produzidos especialmente para o programa – os quais contêm história da ciência e apresentação de conceitos físicos – e aulas em ambiente virtual. Tal programa é dividido em dois módulos independentes, abordando conteúdos de fluidos e eletromagnetismo. Para cada módulo foi desenvolvido material de apoio pedagógico para os professores. O objetivo de cada módulo era instrumentalizar os professores que iniciarão o Ensino de Física nas séries iniciais do ensino fundamental. Os módulos eram centrados em temas que abrangiam diferentes áreas da física, abordavam conceitos relevantes em cada área e procuravam promover uma contextualização do tema com o cotidiano do aluno. Este programa foi implementado através de curso de extensão oferecido pelo autor na UFRGS.

As aulas de laboratório tinham a intenção de causar um desequilíbrio nos alunos. Para este fim foram utilizadas experiências contraintuitivas, levando sempre em consideração que as experiências propostas deveriam ser feitas pelas crianças, participando assim ativamente do processo. O tempo de execução das experiências era pequeno e o material utilizado foi de baixo custo.

No que tange à formalização conceitual, as aulas tinham vínculo com as experiências propostas, sendo realizadas em sala de aula, através de três textos – história da ciência; relação com o cotidiano; introdução formal dos conceitos – com linguagem informal que abordavam de forma mais rigorosa os conceitos físicos.

Já as aulas em ambiente virtual serviram para instrumentalizar os professores para utilização de recursos de informática para o ensino de Física.

Após a realização do curso, os professores participantes deveriam aplicar parte dos conteúdos ali abordados. Para isto, alguns alunos e alunas que, neste momento estavam em recesso escolar, foram convidados a participar da aplicação.

Os seguintes resultados foram registrados pelo autor:

- Com relação às professoras: antes do curso elas tinham uma ideia não muito clara que ensinavam Física; contudo, após o curso tomaram consciência em maior nível que ensinavam Física nas séries iniciais; a maior parte das professoras disse que não se sentia segura para ensinar Física nas séries iniciais; todavia, após o curso, de maneira geral, relataram sentirem-se mais seguras para ensinar Física; no começo, no geral, as professoras não achavam viável ensinar Física nas séries iniciais; entretanto, após o curso, todas afirmam que é possível ensinar Física nas séries iniciais; para finalizar, todas as professoras admitiram que ensinar Física pode ser muito agradável e assumiram também que o ensino de Física pode ser agradável para os alunos.
- Com relação aos alunos: os objetivos das experiências foram alcançados; a maioria dos alunos ficou impressionada com a vida dos cientistas, sem, no entanto, relacioná-la com sua obra; a maioria dos alunos relatou que não conhecia Física, antes da realização dos encontros; todavia, após os encontros julgaram a Física ser “bem legal” e, para finalizar, todas as crianças, sem exceção, declararam querer continuar estudando Física.

Um currículo organizado por idade, para ensino de Física, e não por séries iniciais do Ensino Fundamental – hoje, anos de ensino – foi proposto por Schroeder (2004). A justificativa está embasada em dois motivos básicos: não há correlação entre

as séries brasileiras e a de outros países; existe a possibilidade da adoção de diferentes formas de divisão, por ciclos ou por séries.

Após experimentar diferentes tipos de atividades num período de quatro anos, foi proposta a divisão de conteúdos. O limite de duração de cada etapa que compõe uma atividade não pode ultrapassar dez minutos, pois, segundo o autor, crianças entre 7 e 10 anos perdem o interesse no experimento se o tempo de dedicação for superior ao citado. As aulas devem seguir um roteiro: primeiro, o professor faz uma explanação oral explicando o procedimento, sem entrar em detalhes; segundo, um membro de cada grupo deve ir até uma mesa onde se encontram os materiais disponibilizados pelo professor e pegar o que julgar necessário; a seguir, realizam a atividade; terceiro, os alunos discutem os resultados em grupo ou em classe; quarto, os alunos elaboram um relatório escrito ou na forma de desenho.

A familiarização das crianças com o trabalho experimental e com a discussão de resultados era o que o autor esperava quando propôs as atividades para a faixa etária de 7 a 8 anos. As atividades foram separadas em quatro unidades, sendo elas: calor e temperatura; luz, cores e sombras; ímãs; água e ar. As atividades apresentam a capacidade de criar um desequilíbrio nos esquemas das crianças.

Já para faixa etária de 9 a 10 anos, as atividades foram distribuídas em seis unidades, sendo elas: eletricidade; estados da matéria; pressão e empuxo; mudanças físicas e químicas; forças e máquinas simples; unidades e instrumentos de medidas. Era esperado pelo autor que nesta idade biológica as crianças explorassem melhor os fenômenos e, de acordo com suas observações, fundamentassem melhor suas explicações. As atividades propostas não são simples de fazer. Quando comparadas às atividades da outra faixa etária, estes experimentos “mais sofisticados” pode trazer alguma dificuldade para os professores. Entretanto, continuam apresentando uma capacidade de desequilibrar os esquemas das crianças.

O autor obteve os seguintes resultados: os alunos aumentaram sua curiosidade; os alunos evoluíram com a aplicação das atividades, mas as crianças não demonstraram desconforto com as contradições.

Gonzatti (2008) desenvolveu e aplicou um curso de astronomia como parte de um curso de formação de professores de séries iniciais, em nível médio, tendo como foco principal a abordagem de conceitos e fenômenos relacionados à Terra entendida como corpo cósmico. A autora justifica o tema escolhido, pois acredita que ele tem inúmeras potencialidades interdisciplinares e que pode melhorar o pensamento didático dos professores. Utilizando diferentes formas de avaliação, foi constatada uma evolução conceitual significativa por parte dos estudantes quanto aos conceitos abordados, indicando que a abordagem e as estratégias adotadas colaboraram, em alguma medida, na construção de um modelo de Terra cósmica, aceita cientificamente na atualidade.

Marques (2009) propôs um trabalho de qualificação de alunos do curso Normal para atividades futuras de ensino de Física Térmica nas séries iniciais do Ensino Fundamental, visando suprir as lacunas existentes em sua formação. A proposta foi implementada na forma de um curso de extensão para alunos do Colégio Municipal Pelotense e do Instituto Educacional Estadual Assis Brasil, ambos no município de Pelotas, RS, em seis módulos independentes. Foram realizadas três aplicações do curso, sendo que cada aplicação teve um total de 24 horas-aula divididas em quatro encontros de 6 horas cada. Ao final de cada aplicação foi feita uma avaliação da proposta através de testes e entrevistas com os estudantes.

Detalharemos um pouco como os módulos foram organizados. O Módulo I, intitulado energia, inicia com uma discussão de como o termo energia é utilizado no cotidiano e em muitos livros de Ciências das séries iniciais, sendo na sequência feita uma análise das fontes e formas de energia e, para finalizar, outra análise enfatizando a evolução do conceito do calor. Já o Módulo II trata da temperatura e de seus efeitos, fazendo uma análise do ponto de vista macroscópico e microscópico. Nesse módulo, também são analisados o equilíbrio térmico, o funcionamento dos termômetros e as escalas termométricas. O módulo III trata dos efeitos da dilatação, procurando evidenciar suas aplicações práticas. No módulo IV é retomada a ideia de energia em movimento, discutindo as diferenças entre os calores sensível e latente. Já no módulo V são tratadas as formas de transmissão de calor e as suas aplicações práticas. No módulo VI, as mudanças de fase entram em cena e a influência que a pressão nelas exerce é abordada, assim como as aplicações no dia a dia.

Os módulos foram apresentados através de slides, vídeos e experiências realizadas em grupo. O autor relata que, já na primeira aplicação da abordagem didática, foi detectado que os alunos não possuem conhecimentos adequados da matéria Ciências, em particular da Física, que vão ensinar no Ensino Fundamental I.

Com o intuito realmente de possibilitar uma formação continuada de qualidade, o pesquisador vai realizando mudanças quando aplica o material novamente. Para exemplificar: na segunda vez que o material foi aplicado, também foram trabalhadas tarefas que envolveram o planejamento e a apresentação das atividades didáticas voltadas para o Ensino Fundamental I (que foram intensificadas na terceira apresentação). Para guiar este novo desenvolvimento de tarefas, foi utilizada a abordagem dos três momentos pedagógicos propostas por Delizoicov e Angotti (2007). Na apresentação de suas aplicações, o autor faz a opção de descrever detalhadamente a terceira edição, pois nesta o material já está aprimorado, visto que já tinha sido aplicado duas vezes, logo estava mais bem articulado.

Ao analisar os resultados, o autor concluiu que os alunos das séries finais do curso Normal e aqueles que o concluíram recentemente estão completamente despreparados. Suas concepções alternativas são muito fortes e estas são reforçadas pela utilização de livros didáticos que apresentam erros grosseiros; portanto, é necessária atualização e formação continuada. O professor também conclui que, após a realização da formação, os participantes sentiam-se mais seguros para abordagem de temas que no começo pareciam ser incompreensíveis, visto que evoluíram conceitualmente em relação à Física Térmica com a realização das atividades oportunizadas.

Darroz (2010) investigou o processo de elaboração e de desenvolvimento de uma proposta didática sobre conceitos básicos de Astronomia, fundamentada principalmente na aprendizagem significativa. Tal proposta didática foi aplicada, em forma de curso de extensão, a um grupo de 13 estudantes concluintes do curso de formação de professores modalidade Normal de uma escola pública de Passo Fundo, RS.

O autor justifica a escolha do tema por entender que ele é altamente motivador e possibilita a conexão com diversos conceitos físicos, bem como faz parte da ementa de conteúdos que devem ser abordados na Educação Básica. A forma como as atividades

foram elaboradas e executadas tinha o objetivo de tornar o tema em estudo significativo para os alunos, de modo que quando precisassem atuar profissionalmente se sentissem seguros. Valendo-se de vários instrumentos de pesquisa e avaliação, indícios de aprendizagem significativa foram detectados, dentre os quais se destacam os mapas conceituais e a representação dos conteúdos estudados, em que os estudantes precisavam transpor os conteúdos estudados em novos conceitos.

A implementação da proposta gerou resultados interessantes e significativos, que vem a corroborar outras pesquisas sobre formações de professores: em geral os conhecimentos prévios presentes nas estruturas cognitivas dos futuros professores se apresentam de forma conceitualmente equivocada ou incompleta; os estudantes reconhecem o assunto tratado como potencialmente significativo e avalizam a metodologia empregada no transcorrer do curso.

Pasqualetto (2011) apresenta uma proposta metodológica com projetos, desenvolvida a partir de situações-problemas, para o ensino de Física no 9º ano. Nela foram oportunizadas atividades centradas em situações-problema, envolvendo pequenos grupos na análise do funcionamento de equipamentos, estudo da radiação infravermelha, uso de vetores e equilíbrio dos corpos, além do estudo de energia solar. Essas atividades foram desenvolvidas em quatro turmas do nono ano do Ensino Fundamental no Colégio Adventista Marechal Rondon em Porto Alegre, durante os anos letivos de 2009 e 2010. As ideias de interação de Vigotski, da aprendizagem significativa de Ausubel e dos campos conceituais de Vergnaud foram consideradas no planejamento e implantação das atividades.

Cada atividade era orientada por um guia que buscava nortear o aluno sobre as tarefas a serem executadas, entretanto esses guias não induziam o aluno a uma resposta ou uma conclusão, mas permitiam que os alunos chegassem às suas próprias conclusões, mesmo que estas não fossem aceitas cientificamente. Os alunos trabalhavam em grupos de no máximo cinco elementos. Os guias começavam com uma leitura referente ao assunto a ser estudado (para isso foram escolhidos textos retirados de jornais e de páginas da web que, na visão do autor, direta ou indiretamente contextualizavam o assunto da atividade). Durante suas leituras os estudantes eram

orientados a circular os termos que desconheciam. Após esta leitura as dúvidas eram sanadas pelo professor.

Logo após o momento de leitura, era proposta a situação-problema (que na realidade era um desafio) através do guia de atividades e da orientação do professor; para solucionar o desafio era preciso realizar várias tarefas, que criavam condições para chegar à solução do desafio. Cabe salientar que não era proposta uma situação-problema cuja resolução fosse simplesmente “fazer continhas”. Para tornar mais claro, vejamos a atividade sobre o infravermelho, na qual a situação-problema proposta foi: crie uma forma de comandar a TV com controle remoto, estando este em outro ambiente. Toda a atividade concluída, embora fosse discutida e executada dentro dos grupos, deveria ser registrada no guia individual. Terminadas as etapas anteriores, o professor organizava um enorme grupo, onde eram discutidas as atividades, oportunizando que cada grupo apresentasse suas ideias, dificuldades, acertos, erros, bem como o seu resultado final, tudo sob a mediação do professor. Valendo-se das dúvidas, comentários e ideias dos alunos, o professor organizava a próxima aula que convergia para as necessidades apresentadas anteriormente e, claro, poderia surgir novas necessidades. Logo, uma nova discussão aberta deveria ser dirigida, tornando-se um grande fórum de discussões.

Quanto aos resultados de sua metodologia, o autor os obteve através um questionário aplicado junto aos alunos. Verifica-se, pelas respostas organizadas em forma de percentuais, que os estudantes aprovaram a metodologia utilizada. O autor ainda salienta que este tipo de metodologia requer uma adaptação por parte do professor, para não perder o controle da turma, principalmente no que tange aos trabalhos em grupo, pois tais trabalhos a princípio geram muito ruído e, mesmo após todo trabalho ter sido desenvolvido, 41% dos participantes continuam a enxergar a disciplina como difícil.

Um resultado obtido pelo autor, após a implantação de sua metodologia, merece destaque: aproximadamente 83% dos alunos julgam que a Física estudada na escola tem relação com o mundo em que vivem, o que claramente referenda o projeto desenvolvido.

Assim, após apresentar uma breve síntese destes nove trabalhos que têm algum ponto em comum com nossa proposta, em especial por se referirem ao construtivismo

e/ou à capacitação de professores, passamos agora a descrever com mais detalhes a investigação que conduzimos.

CAPÍTULO 4

4. APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA INVESTIGATIVA

Esta dissertação tem por objetivo fazer uma investigação empírica da metodologia construtivista no ensino de Ciências junto a docentes que trabalham no Ensino Fundamental I e a discentes do curso de Pedagogia, verificando se ela contribui na re(construção) dos conhecimentos de Física dos atuais e futuros professores.

Este tipo de metodologia, a construtivista, chegou ao Brasil e à América Latina por volta dos anos 1980, trazida e difundida por Emilia Ferreiro – que se doutorou pela Universidade de Genebra orientada por Jean Piaget – e que tinha enorme interesse pelo tema da alfabetização inicial. “A difusão rápida das ideias de Emilia Ferreiro dirigiu grande parte da reflexão teórica e da discussão da alfabetização, não só entre pesquisadores, mas também entre um grande número de professores atingidos pela divulgação dos postulados desta pesquisadora” (AZENHA, 1993, p. 34).

É necessário informar que, antes mesmo das atividades que foram utilizadas na investigação serem pensadas, elaboradas e implantadas, foi realizado um ensaio piloto de como aplicar tal investigação.

Alguns estudos detalhados no capítulo anterior serviram de inspiração. Por exemplo, Machado (2005) desenvolveu e implementou unidades didáticas na formação de futuros professores das séries iniciais. Damasio (2007) criou um programa para qualificar as práticas pedagógicas de professores atuantes no ensino fundamental I. Gonzatti (2008) desenvolveu e aplicou um curso de astronomia como parte de um curso de formação de professores de séries iniciais, em nível médio, tendo como foco principal a abordagem de conceitos e fenômenos relacionados à Terra como corpo cósmico. Marques (2009) propôs um trabalho para qualificação de alunos do curso Normal para atividades futuras de ensino de Física Térmica nas séries iniciais do Ensino Fundamental, visando suprir as lacunas existentes em sua formação. Essas e outras pesquisas comprovaram que programas de qualificação para professores e futuros professores do Ensino Fundamental I são capazes de modificar consideravelmente seus

conceitos alternativos, tornando-os mais próximos aos aceitos cientificamente. Contudo, nenhuma destas formações foi fundamentada essencialmente no construtivismo.

Os estudos acima citados serviram de inspiração, mas, principalmente, deram-me coragem para propor um pequeno Curso de qualificação para professores que atuavam no Ensino Fundamental I. Entretanto, seria um sacrilégio esquecer de Anna Maria Pessoa de Carvalho, que inspirou este trabalho de dissertação com suas publicações a respeito de Ciências no Ensino Fundamental, publicações estas que colaboraram decisivamente já na minha primeira intervenção.

Ao elaborar as atividades para o ensaio piloto considerei alguns aspectos, levantados em função do público-alvo (professores do Ensino Fundamental I), a saber:

- a capacidade de manusear e agir sobre os objetos;
- a facilidade de trabalhar em grupo;
- a possibilidade de terem subsunçores adequados;
- o domínio da escrita;
- a utilização de desenhos, se necessário;
- o fato que são seres eminentemente sociais.

Este ensaio piloto foi denominado *Ensaio zero de ciências para professores dos anos iniciais, à luz da pedagogia científica de Bachelard* e ocorreu no segundo semestre de 2014. Devo salientar que para este primeiro contato com os educadores do Ensino Fundamental I, alguns objetivos foram traçados:

- Verificar se estes professores, após participarem da formação, aprovavam ou não esta metodologia para ser usada com seus alunos;
- Observar se o tempo utilizado em cada atividade era adequado;
- Identificar possíveis limitações dos materiais disponibilizados para resolução dos problemas;
- Verificar a viabilidade dos procedimentos de ensino.

Dez atividades foram elaboradas, para serem aplicadas em dois encontros de quatro horas cada.

Para o primeiro encontro ficaram estabelecidas as seguintes atividades:

1. O problema do copo;
2. O problema da flutuação;
3. O problema do ovo;
4. O problema dos papéis saltitantes;
5. O problema das imagens invertidas.

Já para o segundo encontro, foram estas as atividades elaboradas:

6. O problema dos muros altos;
7. O problema do carrinho;
8. O problema da caverna;
9. O problema das lâmpadas;
10. O problema das bússolas.

Cada atividade seguia os seguintes procedimentos de ensino (nove etapas):

- 1º Separar a turma em grupos;
- 2º Distribuir os materiais;
- 3º Propor o problema;
- 4º Esperar a solução do problema;
- 5º Observar as tentativas de solução do problema;
- 6º Recolher os materiais;
- 7º Permitir explicações causais;
- 8º Escrever e desenhar;
- 9º Relacionar a atividade e o cotidiano.

Foi possível fazer este ensaio duas vezes no segundo semestre de 2014, uma no município de Pedro Osório que contou com a participação de 25 docentes e outra no município de Cerrito com a participação de 31 docentes, ambos localizados na região sul do estado do Rio Grande do Sul.

Embora não fosse minha preocupação investigar o conhecimento dos professores que participavam da formação, ficou evidente, já na primeira atividade, a presença de conceitos alternativos, fomentados em sua maioria por livros didáticos inadequados e

formação precária. Ainda referindo-me a conhecimentos prévios, encontro ressonância em Marques (2009, p. 29):

“[...] foi possível perceber que, de modo geral, os alunos com os quais se trabalhou, formandos do curso Normal, não possuem conhecimentos adequados da matéria de Ciências e, em particular, da Física que vão ensinar nas séries iniciais do Ensino Fundamental, bem como apresentam grandes dúvidas de como esse conhecimento deve ser trabalhado com seus futuros alunos.”

Após ter proposto e aplicado o Ensaio Zero e dele ter colhido boas informações, era chegado o momento de planejar e elaborar a próxima formação.

A princípio a amostra utilizada nas duas primeiras intervenções – professores do Ensino Fundamental I, dos municípios de Cerrito, RS e Pedro Osório, RS – continuaria sendo a mesma para esta última formação, com caráter investigativo e conclusivo. Entretanto, uma vez que as relações profissionais, econômicas e sociais são dinâmicas, acabei mudando de emprego e, conseqüentemente, de domicílio. Ao ingressar na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), mudei de Cerrito para o município de Santana do Livramento, RS, localizado a 315 km da minha cidade de origem.

Em conseqüência deste novo local de trabalho, uma nova amostra para minha investigação começou a ser vislumbrada, isto é, comecei a ter acesso aos discentes do curso de Pedagogia, embora não ministrando diretamente aulas para eles. Foi então que surgiu a possibilidade de incluí-los na investigação. Resumindo, o público-alvo da formação que seria disponibilizada contaria com professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental I e discentes do curso de Pedagogia da UERGS.

As atividades elaboradas para a formação intitulada *Práticas construtivistas no ensino de Eletromagnetismo e Óptica para discentes do curso de Pedagogia e professores dos Anos Iniciais* envolviam, como o próprio nome sugere, envolveram conteúdos introdutórios de eletromagnetismo e óptica.

Este curso de formação a princípio teria nove encontros de quatro horas cada, totalizando 36 horas. Contudo, ao explicar minha proposta para a professora Veronice Camargo da Silva, professora assistente do curso de Pedagogia em Bagé, RS, esta se prontificou a colaborar. Depois de algumas conversas, decidimos que a professora iria

contribuir na formação, ficando responsável por um encontro de 4 horas, de modo que o curso passou a ter 40 horas no total.

Como o público (a amostra) tinha mudado, alguns problemas propostos nas primeiras investigações puderam ser novamente utilizados, ainda que fazendo as devidas correções onde foi preciso.

Assim, foram definidos dez encontros de formação, ficando oito sob minha responsabilidade, um a cargo da Prof^a. Veronice e o último encontro teve a responsabilidade compartilhada entre todos os participantes da capacitação. Todos os encontros privilegiaram atividades experimentais, à exceção do segundo encontro, coordenado pela Prof^a. Veronice, que não teve características práticas, no sentido de realmente manusear objetos para resolver problemas, visto que ela trabalhou o tema *teorias de aprendizagem*.

As atividades trabalhadas em cada encontro foram as seguintes:

1º Encontro: O problema dos papéis saltitantes;

2º Encontro: Teorias de aprendizagem;

3º Encontro: O problema da imagem invertida;

4º Encontro: Os problemas do quarto escuro e das lâmpadas;

5º Encontro: O problema do arco-íris;

6º Encontro: Os problemas dos carrinhos magnéticos e das bússolas;

7º Encontro: O problema das várias imagens;

8º Encontro: Os problemas da reflexão da luz e dos muros e janelas altos;

9º Encontro: Os problemas das sombras e das sombras coloridas;

10º Encontro: O problema do feixe de luz que faz curva (a cargo dos alunos) e um pequeno truque do carrinho que vira bonequinho (sob minha responsabilidade).

Assim como no Ensaio Zero, continuei trabalhando com os alunos distribuídos em grupos. Também optei por continuar fornecendo os materiais para solução dos problemas propostos.

Agora algo que precisa ficar muito claro a respeito da metodologia das atividades. Em todos os encontros os discentes tinham um ou mais problemas para resolver, isto é, o encontro sempre começava com o professor propondo um problema. Visto que durante as atividades de conhecimento físico os alunos passam pelas etapas de ação e reflexão, cada encontro seguia os seguintes procedimentos de ensino:

- 1º Separar a turma em grupos;
- 2º Distribuir os materiais;
- 3º Propor o problema;
- 4º Esperar a solução do problema;
- 5º Observar as tentativas de solução do problema;
- 6º Recolher os materiais;
- 7º Permitir explicações causais;
- 8º Escrever e desenhar;
- 9º Relacionar a atividade e o cotidiano.

Em todos os encontros estes procedimentos foram adotados, entretanto eles não tinham tempos pré-determinados.

CAPÍTULO 5

5.APLICAÇÃO DA PROPOSTA

5.1 Ensaio Zero

Como relatei no capítulo IV, antes de realizar a investigação sobre a metodologia construtivista, resolvi promover um curso de formação para professores, nos mesmos moldes que futuramente empregaria.

O curso de formação *Ensaio zero de ciências para professores dos Anos Iniciais, à luz da pedagogia científica de Bachelard* foi aplicado em dois municípios do sul do RS. A escolha destes municípios foi em virtude do pesquisador morar em um deles e de serem cidades vizinhas, separadas apenas por uma ponte.

A formação em Pedro Osório ocorreu em dois encontros, nos dias 31 de outubro e 07 de novembro de 2014, com 4 horas cada.

5.1.1 Primeiro Encontro

Comecei falando das minhas origens, isto é, onde obtive minhas formações de ensino, fazendo um resgate desde o Ensino Fundamental, passando pelas formações de Técnico em Contabilidade e Habilitação Magistério, Licenciatura em Física, pós-graduação *latu sensu* Especialização em Matemática, até chegar ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. E, enquanto falava, comecei a olhar para as pessoas que ali me observavam e deparei-me com um público muito familiar: colegas que cursaram a Habilitação Magistério e mesmo alguns antigos professores – confesso que neste momento cheguei a ficar emocionado.

Na sequência falei da pedagogia científica de Bachelard, finalizando com duas citações que foram expostas utilizando recursos de multimídia:

“Se não houver uma questão, não pode haver conhecimento científico. Nada é natural. Nada é dado. Tudo é construído.” (BACHELARD, 2001, p. 166).

“O professor, na prática pedagógico-científica, pode ser muito menos alguém que ensina e mais alguém que desperta, estimula, provoca, questiona e se deixa questionar.” (FONSECA, 2008).

Após discussões sobre os dois recortes anteriores, uma professora perguntou o motivo de trabalhar com Física nos Anos Iniciais. Fui, então, buscar em Carvalho (2005, p. 52) a resposta:

“A escolha dos fenômenos físicos em detrimento de fenômenos biológicos ou mesmo químicos se deve ao fato de que nos fenômenos físicos o tempo entre a ação da criança sobre o objeto e a reação desse objeto é bastante pequeno, o que favorece a criança a variar suas ações e observar imediatamente as reações do objeto, conseguindo mais facilmente levantar hipóteses sobre fenômenos, testá-los e tentar explicar o porquê do acontecimento.”

Uma vez que as considerações iniciais foram encerradas, passei a trabalhar com os problemas que foram planejados para este 1º encontro, que, a partir de agora, serão descritos na íntegra.

1ª Atividade: O problema do copo (CARVALHO, 2009).

Material disponibilizado:

- Recipiente de plástico transparente e rígido para colocar água (balde, pote de cozinha);
- Copo de plástico transparente e rígido;
- Várias folhas de jornal;
- Água.

Problema proposto:

Como fazer para colocar o papel no interior do copo e afundar o copo dentro do recipiente com água, sem molhar o papel?

Comentários a respeito da atividade:

Nesta atividade, os docentes agiram rapidamente sobre os objetos e conseguiram obter o efeito desejado, assim como tomaram consciência de como haviam produzido o efeito desejado, dando para tal explicações que são aceitas cientificamente. Quanto ao

momento de registrar as explicações através da escrita ou desenho, combinamos que cada grupo elegeria um componente para ir até a lousa fazer a tarefa e, para finalizar, foram feitas relações da atividade com o cotidiano.

2ª Atividade: O problema da flutuação.

Material disponibilizado:

- Recipiente de plástico transparente e rígido para colocar água (balde, pote de cozinha);
- Massinha de modelar;
- Água.

Problema proposto:

Como fazer para a massinha de modelar ficar flutuando, isto é, não ir para o fundo do recipiente?

Comentários a respeito da atividade:

Os professores tiveram algumas dificuldades para obter o efeito desejado, levando certo tempo para acertar as quantidades de massa e volume da massinha de modelar até esta flutuar. Outro fato chamou minha atenção: a tomada de consciência de como haviam produzido o efeito desejado foi muito rápida, ou seja, eles sabiam que a razão massa por volume é a densidade e que, se esta for menor que a da água, o objeto flutua, gerando assim explicações cientificamente aceitas. Quanto ao momento de registrar as explicações através da escrita ou desenho, seguimos o que tínhamos combinado na 1ª atividade, ou seja, cada grupo elegia um membro para ir até a lousa fazer a tarefa. Neste momento verifiquei, mesmo entre professores, algo interessante: o representante do grupo foi o mesmo da tarefa anterior. Para finalizar foram feitas relações da atividade com o cotidiano.

3ª Atividade: O problema do ovo.

Material disponibilizado:

- Recipiente de plástico transparente e rígido para colocar água (balde, pote de cozinha);
- Colher;
- Ovo de galinha.
- Sal;
- Água.

Problema proposto:

Como fazer para o ovo de galinha ficar flutuando, isto é, não ir para o fundo do recipiente?

Comentários a respeito da atividade:

Olhando com cuidado a lista de materiais acima descrita, verifica-se que disponibilizei um recipiente, tipo um balde, e não um copo. Entretanto, no momento que entreguei os materiais para os grupos, uma professora perguntou se ao invés de usar o balde ela poderia utilizar o copo. Assim, todos os grupos optaram por utilizar copo e logo economizar sal. Os professores manusearam de forma muito tranquila os objetos e rapidamente obtiveram o efeito desejado. Quanto à tomada de consciência de como foi produzido o efeito, também não apresentaram dificuldades. Entretanto para o registro na lousa, através da escrita ou desenho, modifiquei a tática, visto que nas atividades anteriores o mesmo docente tinha ido duas vezes até o quadro. Escolhi um professor aleatoriamente. Quanto a relacionar a atividade com o cotidiano, surgiu uma discussão muito interessante sobre ovos propícios para o consumo, ou seja, como identificar se o ovo está bom ou podre?

Após as três primeiras atividades, uma parada para o cafezinho e, aí surgiu uma questão: poderíamos ter utilizado sal para alterar a densidade da água lá no problema da flutuação? Na volta do café, na realidade durante o próprio café, um grupo pediu licença e procedeu a esta investigação. O resultado da investigação mostrou que realmente a densidade da água é alterada; além disso, esta atitude mostra a motivação e disponibilidade do grupo de seguir investigando, além de uma autonomia de proceder a novas investigações por conta própria. Será que estes professores com esta disposição não são capazes de elaborar novas aulas para seus alunos?

4ª Atividade: O problema dos papéis saltitantes.

Material disponibilizado:

- Cano de PVC;
- Balões de látex de borracha (utilizados em festas de aniversário);
- Pentes e escovas;
- Tocas feitas de lã e/ou mangas de blusões de lã;
- Pedacos muito pequenos de jornais;
- Ralo metálico para pia (“ralo chinês”).

Problema proposto:

Como fazer para os papéis serem atraídos pelo cano plástico?

Comentários a respeito da atividade:

Durante a resolução do problema era possível observar as professoras sorrindo bastante. Acredito por ser esta uma atividade bastante conhecida, o manuseio dos objetos para obtenção do efeito desejado foi muito rápido. Sendo assim, sugeri algumas substituições de materiais. Para tanto, as professoras deveriam procurar pente ou escova em suas bolsas e utilizá-los no lugar do cano e, no lugar da lã, utilizar o cabelo. A atividade ficou superanimada; pareceu que a utilização dos materiais que elas carregavam em suas bolsas deixou-as mais motivadas. Então, quando eletrizaram o pente com o cabelo e começaram a suspender fios de cabelo das colegas, pensei que não conseguiria concluir a formação naquela tarde, tamanha euforia e animação. Neste meio tempo, enquanto os efeitos eram produzidos, um menino, que acompanhava sua mãe na formação, tirou do interior de sua mochila um saco de balões. Bom, aí substituímos os canos e pentes pelos balões e continuamos com a atividade.

Na sequência da atividade cada grupo fez questão de descrever como conseguiram o efeito desejado. Entretanto, quando foi necessária a tomada de consciência de como haviam produzido tal efeito, vários conceitos e explicações alternativas surgiram, envolvendo grandes confusões entre força elétrica e força magnética. Para eles, carga elétrica e polos magnéticos pareciam ser a mesma coisa, porém toda a discussão a respeito foi fundamental ou inestimável, pois durante as

colocações das professoras ficava claro que conceitos deveriam ser retomados e quais realmente precisavam ser apresentados pela primeira vez.

Bom, já que estávamos “atolados até o pescoço nesta discussão”, por que não colocar “mais lenha na fogueira”? Foi, então, que pensei em fazer a blindagem eletrostática do efeito que elas estavam percebendo. Para tanto pedi licença e corri até uma destas lojinhas que vendem produtos importados e acabei comprando ralos de pia, cujo nome fantasia é “ralo chinês”, ou seja, trata-se de uma telinha metálica que utilizamos nas pias, para impedir que pequenos objetos acabem entupindo os canos. Devo relatar que nestes cinco minutos que fiquei ausente, as professoras ficaram desenvolvendo o procedimento de escrever ou desenhar na lousa suas conclusões.

Ao retornar, coloquei alguns pedaços de papéis embaixo do ralo e solicitei que tentassem atraí-los. Novos sorrisos apareceram, pois agora os pedaços de papel não eram suspensos e, novamente, oportunizou-se uma participativa e excelente discussão. Como acontecia em todas as atividades, o encerramento era feito tentando relacionar o efeito estudado com o cotidiano. Como realmente já tínhamos conversado muito a respeito do assunto, logo a questão “*Como proteger-se em tempestades?*” foi apontada.

5ª Atividade: O problema dos submarinos.

Material disponibilizado:

- Peça de cano de PVC de 50 mm (aproximadamente 80 cm);
- Dois joelhos de PVC de 50 mm;
- Dois pedaços de espelho (3,5 cm x 5,0 cm)

Problema proposto:

Antes de propor o problema conversei um pouco a respeito de como era possível que a tripulação de um submarino visualizasse o que estava sobre a água, estando este imerso na água. Somente após esta conversa inicial propus o problema.

Como espiar pela janela e não ser observado?

Comentários a respeito da atividade:

Quando chegou o momento de realizar esta atividade, faltavam apenas 15 minutos para o encerramento da primeira tarde de capacitação e, como boa parte das professoras ainda tinha que trabalhar à noite, resolvi ser o mais breve possível.

Então solicitei que elas sentassem no chão, próximo à janela, entreguei o material e propus o problema. A resolução não demorou a ser atingida. Contudo, faço apenas uma consideração a respeito dos materiais disponibilizados: de preferência utilize as conexões (joelhos) da mesma marca do cano, caso contrário poderá haver grandes dificuldades ao encaixar e/ou rotacionar os joelhos. Outro detalhe: é importante ter a mão cola instantânea para fixar os espelhos, evitando que eles se descolem do cano.

Realmente, esta última atividade ficou bastante corrida, pois fizemos uma descrição da obtenção dos resultados e tomada de consciência de como foi atingido o efeito desejado em poucos minutos. A relação com o cotidiano também foi super-rápida. Logo ficou claro que, em virtude do pouquíssimo tempo disponível, a atividade não foi explorada em sua totalidade.

5.1.2 Segundo Encontro

Como a quinta atividade do primeiro encontro foi executada com um tempo inadequado, resolvi propor uma atividade inicial que resgatasse o assunto. Foi assim que nasceu o problema dos muros altos.

6ª Atividade: O problema dos muros altos.

Material disponibilizado:

- Peça de cano de PVC de 50 mm (aproximadamente 80 cm);
- Quatro joelhos de PVC de 50 mm;
- Quatro pedaços de espelho (3,5 cm x 5,0 cm).

Problema proposto:

O que fazer para enxergar o que está atrás do muro alto sem subir nele?

Comentários a respeito da atividade:

Este problema é muito parecido com o problema do submarino. Todavia um detalhe deve ser observado – não quero enxergar na altura do nível do muro e, sim, atrás dele. Foi trabalhoso fazer-me entender. Necessitei da lousa para fazer um desenho representativo do que estava propondo. E, sem querer, ao fazer o desenho, acabei sinalizando para a resolução do problema.

Uma vez que a dica de resolução foi dada, ficou muito fácil manusear os objetos para a obtenção do efeito. Quanto à descrição de como foi obtido o efeito, tudo transcorreu tranquilamente. Mesmo na tomada de consciência, a discussão foi bastante serena, pois ao contrário do que eu tinha julgado, o que foi discutido rapidamente no encontro anterior a respeito de reflexão foi suficiente para os professores, através de desenhos na lousa, representarem de forma adequada como era possível ver a imagem do objeto. Cheguei a questionar se estávamos vendo o objeto ou a imagem do objeto. Todos os professores foram enfáticos dizendo que viam uma imagem e não o próprio objeto. Ao final, relacionaram o experimento com o cotidiano.

7ª Atividade: O problema dos carrinhos.

Material disponibilizado:

- Dois carrinhos de metal (7 cm x 3 cm x 2 cm), encontrados facilmente no comércio;
- Dois ímãs em forma de barra;
- Fita adesiva.

Problemas propostos:

Diferente das atividades apresentadas até o momento, nesta foram propostos dois problemas distintos:

O que fazer para um carrinho puxar o outro?

O que fazer para um carrinho empurrar o outro?

Comentários a respeito da atividade:

Devo esclarecer que os dois problemas não foram propostos ao mesmo tempo. Somente quando os educadores solucionaram o primeiro problema, é que o segundo foi apresentado. Outra curiosidade: neste 2º encontro, novamente uma das professoras levou o filho e, particularmente nesta atividade, a criança foi de extrema importância, visto que a princípio as professoras estavam fixando os ímãs embaixo do carrinho (Figura 1), ou seja, entre as rodas. O menino, que estava num dos grupos junto com sua mãe, resolveu prender o ímã na parte superior do carro (Figura 2), o que fez o efeito esperado logo ser observado.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Aluna prendendo o ímã embaixo do carrinho.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunas prendendo o ímã na parte superior do carrinho.

Quando propus o segundo problema, alguns grupos giraram os dois ímãs ao mesmo tempo, de modo que continuaram obtendo atração. Como sempre, permaneci observando a execução das atividades, fiz comentários que ajudaram no manuseio dos

objetos e logo chegaram a obter o efeito desejado. No momento de descrever, ou seja, relatar como obtiveram os efeitos, perguntei se o menino que resolveu o primeiro problema gostaria de contar o que fez, contudo a timidez venceu e ele não falou; sendo assim, as professoras contaram em detalhes como tinham obtido os efeitos e, na tomada de consciência de porque os efeitos foram produzidos, tudo transcorreu conforme o esperado. Já na relação com o cotidiano, o garoto voltou a entrar em cena e comentou a respeito dos ímãs de geladeira.

8ª Atividade: O problema da caverna.

Material disponibilizado:

- Uma lâmpada pequena que funcione com uma única pilha;
- Uma pilha grande;
- Tesoura;
- Fita adesiva;
- Fio cabinho (aproximadamente 15 cm).

Problema proposto:

Primeiro procurei escurecer a sala, o que não deu muito certo. Depois contei uma história, que eles deveriam imaginar que estavam na entrada de uma caverna, que a lanterna quebrou e dentro de dez minutos iria anoitecer, então propus o problema:

Como iluminar uma caverna escura?

Comentários a respeito da atividade:

As professoras levaram mais de dez minutos para solucionar o problema, pois conectavam os dois fios que tinham sido cortados ao mesmo ponto da lâmpada. Quando estavam comentando como manusearam os objetos, uma professora perguntou:

– É possível ligar a lâmpada sem cortar os fios?

Respondi:

– Sim.

Então, ela completou:

– Que bom, pois tinha conseguido ligar a lâmpada sem cortar os fios e achei que estava errada, afinal tinha uma tesoura no material!

Não quis explicar, naquela hora, que a tesoura estava ali para “descascar” o fio.

Quando chegamos à tomada de consciência, do motivo da lâmpada ter acendido, percebi inúmeras explicações alternativas, como por exemplo, que “a carga da pilha anda pelos fios”. Continuamos dialogando a respeito de carga elétrica, corrente elétrica, circuitos abertos e fechados. Contudo, no final, quando elas tiveram a oportunidade de representar na lousa suas generalizações, já estavam num nível bem melhor, bem melhor, mesmo!

Um último comentário a respeito desta atividade. Quando foi para ir até a lousa explicar, ou esquematizar sua forma de compreensão, diferentemente dos problemas anteriores, a quase totalidade dos professores fez questão de ir até a frente e expor o que havia entendido.

9ª Atividade: O problema das lâmpadas.

Material disponibilizado:

- Dois suportes para lâmpadas com fios;
- Quatro pilhas grandes;
- Um suporte para pilhas grandes, com fios e jacaré;
- Duas lâmpadas de voltagem adequada (para pilhas).

Problema proposto:

Nesta atividade também foram propostos dois problemas, adotando o mesmo critério do problema dos carrinhos, ou seja, propor um problema, esperar a sua resolução e, só após, propor o segundo problema. As questões propostas foram:

Como iluminar pouco com duas lâmpadas?

Como iluminar muito com duas lâmpadas?

Comentários a respeito da atividade:

Para atingir a solução do primeiro problema, o tempo utilizado foi menor do que para chegar à solução do segundo. Durante as tentativas de resolução, tivemos várias solicitações inusitadas: tentativa de trabalhar com uma pilha a menos no suporte, solicitação ao professor/ministrante de mais uma pilha.

As professoras conseguiram muito bem descrever como fizeram as ligações, porém em nenhum momento conseguiram tomar consciência de como chegaram ao resultado, logo expliquei, mesmo que sucintamente, associação em série e em paralelo.

Quando solicitei que resumissem o que tinham entendido, a grande maioria das professoras, assim como no problema da caverna, se ofereceu para ir à lousa. Além disso, observei que, pela primeira vez em toda a formação, boa parte das professoras registrou em agendas, cadernos ou folhas de ofício, o que estava na lousa.

10ª Atividade: O problema das bússolas.

Material disponibilizado para confecção da bússola:

- Uma agulha de costura;
- Um ímã em forma de barra;
- Um recipiente para colocar água (exemplo: pote de margarina vazio);
- Um pequeno pedaço de isopor;
- Papel toalha;
- Fita adesiva.

Material disponibilizado para solução do problema:

- Bússola confeccionada em sala;
- Ímã.

Antes de o problema ser proposto, auxiliei os participantes da capacitação na construção da bússola caseira.

Etapas da construção da bússola caseira:

1º Coloque água no recipiente;

2º Coloque a agulha no recipiente e observe;

- 3° Retire a agulha do recipiente, utilize o papel para enxugar a agulha;
- 4° Coloque a agulha novamente no recipiente e observe;
- 5° Retire a agulha do recipiente, utilize o papel para enxugar a agulha;
- 6° Passe o ímã na agulha, sempre na mesma direção e no mesmo sentido;
- 7° Prenda a agulha no isopor;
- 8° Coloque a agulha presa no isopor em contato com a água.

Problema proposto:

Uma vez confeccionada a bússola, foi proposto o seguinte problema:

O que devo fazer para a bússola apontar em outra direção, sem tocar nela?

Comentários a respeito da atividade:

Os participantes construíram a bússola rapidamente e já começaram a mexer com ela para ver como reagia, antes mesmo da proposição do problema. Esta atitude voluntária, de brincar com a bússola, ajudou em muito na compreensão e obtenção da solução do problema. Uma vez proposta a questão, rapidamente veio a solução. Depois foi oportunizada novamente, como acontecera até o momento em todas as atividades, a descrição detalhada (embora desta vez muito simples) de como manusear os objetos para solucionar o problema. Na tomada de consciência, as explicações foram adequadas e alguns conceitos como ímãs temporários, imantação, polos magnéticos e polos geográficos surgiam de forma a qualificar o diálogo. Novamente todas estavam à vontade para ir até a lousa e registrar as observações. Para finalizar a atividade e encaminhar o encerramento da formação, perguntei o motivo de não ter solicitado que relacionassem a atividade com o cotidiano. Prontamente escutei uma resposta que me deixou muito feliz:

– Professor, não foi preciso relacionar, pois em todas as nossas tentativas de explicações, já a fazíamos estabelecendo relações.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Professoras de Pedro Osório fazendo a avaliação da capacitação.

Para finalizar, solicitei que as professoras (Figura 3) fizessem uma avaliação da capacitação e, além disso, dessem um parecer sobre este tipo de metodologia, se acreditavam que era viável de ser aplicada em sala de aula.

Já a formação no município de Cerrito, RS, ocorreu em apenas um encontro de 8 horas, no dia 14 de novembro de 2014, das 8 às 12 h e das 13 às 17 h, na Escola Municipal de Ensino Fundamental São Miguel, com a participação de 5 professores e 26 professoras (Figura 4), pertencentes ao quadro municipal de educadores.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Professoras de Cerrito que participaram do Ensaio Zero.

Nesta formação fui acompanhado da Prof^ª. Eliane Cappelletto (Figura 5). Utilizei praticamente os mesmos problemas da formação de Pedro Osório, com exceção de apenas um, isto é, o problema da flutuação foi substituído pelo problema da imagem invertida. Sendo assim passarei a descrever apenas o problema da imagem invertida, visto que os outros foram os mesmos.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. – A Prof.^a Eliane e o Prof. Marco (mestrando) em frente à escola onde ocorreu a formação.

11ª Atividade: O problema da imagem invertida.

Material disponibilizado para construção da câmera escura:

- Lata vazia ;
- Papel vegetal;
- Preguinho;
- Martelo;
- Fita adesiva;
- Cartona preta.

Material disponibilizado para solução do problema:

- Câmera escura.

Antes de o problema ser proposto, auxiliei os participantes da capacitação na construção da câmera escura.

Etapas da construção da câmera:

1º Pegar o preguinho e o martelo e fazer um pequeno furo no fundo da lata;

2º Tirar a tampa da lata (geralmente de plástico) e fixar no local o papel seda.

Dicas: é possível fixar o papel com fita adesiva ou, se julgar ser melhor, recortar a parte interna da tampa de plástico deixando apenas o anel externo e, utilizá-lo para fixar o papel;

3° Envolver a lata com o papel cartona preto, deixando escura a região próxima ao papel vegetal.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Professora testa sua câmera antes de ir para o pátio.

Problema proposto:

Uma vez, que os professores já tinham confeccionado a câmera, foi proposto o seguinte problema:

Como obter uma imagem em pé, ou seja, de “cabeça para cima” (não invertida)?

Comentários a respeito da atividade:

Esta atividade foi extremamente divertida, desde a confecção das câmeras até o seu manuseio no pátio. Construídas as câmeras, professores e professoras, antes mesmo do problema ter sido proposto, já tentavam visualizar a imagem (Figura 6).

Quando propus o problema e comuniquei que iríamos para o pátio, a euforia foi grande (pareciam crianças saindo para o recreio, mas em velocidade menor). Um aspecto relevante, ou quem sabe curioso, é que o orifício da câmera não estava apontado para o que eles queriam observar, ou seja, apontavam o papel vegetal para o objeto que queriam observar. Alguns chegaram a falar que sua câmera estava estragada. Foi então que perguntei se estavam testando todas as possibilidades. Depois desta observação, conseguiram visualizar as imagens dos objetos. Contudo, todas as imagens estavam invertidas. Aconteceu uma situação muito curiosa: no entusiasmo de solucionar o

problema, um dos professores virou uma professora de cabeça para baixo, porém o problema não foi solucionado.

Já que estávamos no pátio e a receptividade à atividade estava excelente, solicitei que professores e professoras, um a um, lentamente, passassem em frente às câmeras, visto que até o momento só tinham observado imagens de objetos fixos.

Foi difícil convencer as “crianças” a retornarem para a sala. A descrição de como tentaram resolver o problema foi bem participativa e correta. Contudo, no momento de tomar consciência do motivo de não terem conseguido resolver o problema, ficaram tímidos. Foi um pouco trabalhoso “arrancar” deles alguma tentativa de explicação; contudo, conseguimos encaminhar a discussão e tornar claro o que ocorreu. No momento de registrar na lousa, através de escrita ou desenho, o que tinham entendido, optaram por utilizar desenhos. Já na tentativa de relacionar o conteúdo com o cotidiano foi outra festa, visto que uma professora fez uma imagem utilizando a câmera de seu aparelho celular da lousa e comentou que ali já estava uma relação com o cotidiano. Todos os outros também registraram as informações contidas na lousa com suas câmeras contidas nos aparelhos celulares.

Esta foi a terceira atividade realizada no período da manhã. A seguir realizamos mais duas. Fizemos uma parada para o almoço oferecido na própria escola pela Secretaria de Educação. Alguns professores e professoras utilizaram as câmeras após o almoço enquanto não começávamos as outras atividades. No período da tarde realizamos as outras cinco atividades, totalizando as dez situações-problema que tinham sido planejadas para a capacitação.

5.1.3 Observações e conclusões a respeito das aplicações do Ensaio Zero em ambos os municípios

1º Algumas atividades precisam de um tempo maior para serem executadas, logo propor várias atividades no mesmo encontro não é viável;

2º Os professores não mantêm o mesmo interesse durante todas as atividades, mesmo que estas sejam interessantes, visto que são seres humanos e acabam cansando, logo concluo que propor várias atividades no mesmo encontro é um erro;

3º Quando propomos várias atividades num mesmo encontro, alguns procedimentos de ensino têm a tendência de serem ignorados; para exemplificar: uma vez que foi tomada a consciência de como o problema foi resolvido, a etapa seguinte de registrar o que entendeu na lousa ou no quadro pode não parecer tão importante; novamente concluo que muitas atividades no mesmo dia não é recomendável;

4º Se vamos construir algo para poder resolver o problema proposto (como no caso das bússolas ou da câmera) não podemos ter um número grande de atividades planejadas para o mesmo encontro;

5º Os procedimentos de ensino não podem ser executados rapidamente, principalmente no que tange à “*tomada de consciência de como foi obtido o efeito desejado*”. Nesta etapa o tempo utilizado é maior. E lembramos que esta etapa é indispensável à minha investigação;

6º Todos os materiais que serão disponibilizados devem ser testados, pois no caso do problema do submarino, onde vários periscópios foram construídos, alguns foram confeccionados com canos e joelhos de marcas diferentes e dificultaram o manuseio; isso pode ser facilmente resolvido apenas lixando as extremidades dos canos que entrariam em contato com os joelhos;

7º Os professores aprovaram a metodologia empregada; alguns chegaram a afirmar que é possível trabalhar deste modo com seus alunos; portanto continuarei adotando-a na continuidade da minha investigação.

A seguir trazemos alguns relatos colhidos junto aos professores e professoras, redigidos na forma de pequenos textos, ao término da formação:

P₁: “Trabalhar Ciências de forma prática é algo que ainda assusta por falta de conhecimento e experiência própria. Para a resolução de problemas, ao seguir os passos, observa-se a sequência e a organização. Foi de grande valia este dois momentos que foi ofertado. Trabalho há muitos (26) anos com turmas do 1º ao 5º ano e nem sempre trabalhei com experimentos, não sabia como trabalhar, a não ser daquela forma

tradicional. O solucionar problemas me trouxe uma nova forma de pensar e posso dizer uma “luz”, pois estamos, hoje, trabalhando de forma lúdica e na área de Ciências estava faltando algo. Acredito que irá contribuir e muito para a Educação.”

P₂: “Sou professora dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Dou aula para uma turma de 2º ano da E.M.E.F. Getúlio Vargas. A proposta foi muito boa, com certeza irá contribuir muito para o trabalho em sala de aula.”

P₃: “As propostas realizadas na formação serão aproveitadas em sala de aula, enriquecendo assim o trabalho pedagógico, despertando no aluno o interesse, a curiosidade e o raciocínio para a resolução de problemas. São propostas simples de baixo custo, quase todas dentro do conteúdo a ser desenvolvido durante o ano letivo (Escola Municipal, 3º ano).”

P₄: “Gostei muito das experiências, já testei a do encontro passado, sobre eletricidade estática, dá para trabalhar com as crianças sem dúvida alguma. Eu trabalho em duas escolas estaduais (4º e 5º ano).”

P₅: “Trabalho com o maternal (Educação Infantil). Achei muito aproveitável todas as experiências propostas, sendo que a maioria delas podem ser aplicadas na minha sala de aula, os alunos irão adorar brincar aprendendo. Os alunos nos dão um retorno imediato sempre que apresentamos propostas. Gostei da maneira que as propostas foram apresentadas pelo professor durante os dois encontros.”

Uma vez que apresentei como foi desenvolvida e implantada esta capacitação para professores da rede pública dos municípios de Cerrito e Pedro Osório, chega o momento de esclarecer como foi desenvolvida, organizada e implantada a principal investigação que rege esta dissertação.

5.2 Práticas Construtivistas no Ensino de Eletromagnetismo e Óptica para Discentes do Curso de Pedagogia e Professores dos Anos Iniciais

Para implementar a investigação, foi realizado um curso de extensão da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), para discentes do curso de

Pedagogia e professores dos Anos Iniciais da rede pública de ensino. O curso teve um total de quarenta aulas-hora, dividida em dez encontros de quatro horas-aula.

Pretendia realizá-lo nos municípios de Pedro Osório e Cerrito, como o Ensaio Zero, contudo por motivos que já salientei anteriormente não foi possível. Fui até a rede pública do município de Bagé, RS, oferecer a capacitação aos professores. Entretanto fui informado que, nestes primeiros meses do ano letivo, as escolas ficam abertas aos sábados pela manhã para ser possível cumprir os 200 dias letivos, logo os professores e professoras não seriam liberados para participar nestes dias. Confesso que fiquei bastante aborrecido e incomodado com esta situação, pois fugia à minha alçada resolvê-la.

O Anexo A apresenta a ficha de inscrição para o curso *Práticas Construtivistas no Ensino de Eletromagnetismo e Óptica*. No decorrer da divulgação do curso, que fiz junto a alunas e alunos do curso de Pedagogia, houve 30 inscrições. Contudo, apenas 18 confirmaram a participação (16 alunas e 2 alunos), sendo 17 estudantes da UERGS e um da Universidade Federal de Pelotas. A faixa etária variou entre 18 e 48 anos. Dos inscritos, cinco estavam no 1º semestre, seis no 4º semestre, um no 6º semestre e seis no 7º semestre.

A aplicação do curso ocorreu de 14 de março a 16 de maio de 2015, aos sábados, das 8 h às 12 h. Somente no dia 8 de maio, uma sexta-feira, a aplicação ocorreu das 19 h às 23 h, em função das atividades que seriam realizadas. Todos os encontros foram realizados em Bagé, RS, em um prédio da UERGS situado na Av. Tupy Silveira, 2820.

Trabalhar com ensino de temas iniciais de Eletromagnetismo e Óptica, teve origem quando encontrei no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, um artigo que tratava de concepções espontâneas/alternativas que são construídas diariamente pelos alunos. Tal artigo, denominado: O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão; também falava da concepção construtivista de aprendizagem, salientando que os indivíduos aplicam seus modelos disponíveis para resolver os problemas com que se deparam (GIRCOREANO & PACCA, 2001).

Vários trabalhos, também do Caderno Brasileiro de Ensino de Física, que tratavam do ensino de Eletromagnetismo ou Óptica como: (LABURÚ et al, 2008),

(CAPPELLANNO, 2008), (ROCHA FILHO et al, 2003), (HEINECK & ARRIBAS, 2004), ajudaram na construção dos encontros.

A seguir vou apresentar e comentar os dez encontros desta capacitação.

5.2.1 Primeiro Encontro

O primeiro encontro ocorreu no dia 14 de março de 2015. Inicialmente, fiz uma breve apresentação do projeto e expliquei como as atividades seriam desenvolvidas. A seguir fiz um resgate da minha vida acadêmica desde o Ensino Fundamental até o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Depois falei da minha trajetória profissional, mencionando que já estava atuando como professor há dezoito anos. Cada discente teve a oportunidade de fazer sua apresentação.

Após este momento de apresentação, solicitei aos alunos que respondessem o questionário com as 12 *Perguntas Iniciais* (Apêndice A).

Era chegada a hora de dar o pontapé inicial nas minhas investigações, sintetizadas na pergunta: “Será que a metodologia construtivista, que encontrou êxito quando aplicada ao Ensino de Ciências para crianças do Ensino Fundamental I, agora colheria bons frutos?”

Cabe reiterar que utilizei a mesma metodologia construtivista do *Ensaio Zero*.

Solicitei que a turma composta por 18 licenciandos formasse quatro grupos, dois com quatro elementos e dois com cinco. Os participantes perguntaram se deveriam organizar as carteiras de modo a formar uma pequena bancada e se era preciso ficar com caderno e canetas. Respondi que poderiam sim formar pequenas bancadas e que também poderiam ficar com o caderno e a caneta, embora não fossem utilizar neste primeiro momento.

Reorganizamos as atividades do Ensaio Zero e optamos por iniciar pela 4ª Atividade. Na sequência entreguei os objetos que deveriam ser manipulados para obtenção do efeito desejado. Estes objetos são chamados por nós, professores de Física, de *kits*. Assim, nosso kit era composto por:

- Um pedaço de cano de PVC de 20 mm (aproximadamente 25 cm);
- Pequenos pedaços de papel jornal;
- Um retângulo de lã, pedaço de cobertor de bebê (aproximadamente 30 cm x 25 cm).

Foi então que propus o problema:

– *Como fazer para os papéis saltarem em direção ao cano plástico?*

Rapidamente os alunos começaram a agir sobre os objetos, para ver como estes reagiam. Logo em seguida, conseguiram o efeito desejado. Acredito ser interessante registrar que, durante a obtenção da solução, os alunos, assim como os professores nos municípios de Cerrito e Pedro Osório, exibiam sorrisos em grande escala (Figura 7). Durante esta etapa fiquei circulando pelos grupos, solicitando que mostrassem o que estavam fazendo ou o que já tinham feito.



Figura [Erro! Nenhuma seqüência foi especificada.](#) - Alunas empolgadas tentando resolver o problema dos papéis.

Logo após, recolhi os kits e começamos a etapa da *tomada de consciência de como foi produzido o efeito desejado*. Para tanto, os grupos foram desfeitos. Organizamos um grande grupo para que houvesse uma discussão geral.

Comecei, então, pela pergunta que caracteriza essa fase:

– *Como vocês fizeram para os papéis saltarem em direção ao cano plástico?*

Nessa fase os alunos contaram como fizeram a experiência. Uma vez que em torno de oito alunos falaram e que as estas falas estavam muito próximas, indaguei se mais alguém gostaria ainda de contribuir.

Sem manifestações, passamos a fase denominada *dando explicações causais*. Para tanto comecei com a pergunta característica:

– *Por que os papéis saltaram em direção ao cano?*

Diferente do comportamento da maioria das crianças, que tentam novamente contar o que fizeram, os licenciandos, mais experientes, realmente avançam e tentam dar explicações. Vejamos algumas destas explicações:

A₁: – “Com o procedimento de fricção da toalha de lã com o cano plástico é possível perceber que existe uma carga que é capaz de atrair o papel”.

A₂: – “O atrito entre o cano e a lã altera a carga elétrica do cano fazendo que ele atraia o elemento neutro”.

É possível perceber pelas falas que os alunos têm consciência que o processo de eletrização por atrito possibilita que o cano atraia os pedaços de papel. Além disso, percebe-se uma referência à carga elétrica, logo concluímos que eles já ouviram falar dela ou até mesmo já estudaram a respeito.

Mesmo em uma análise superficial, fica fácil notar que estes alunos não são tábulas rasas. Contudo, existe possibilidade de ampliarmos compreensões sobre a linguagem científica.

À medida que fomos avançando nas discussões, comecei a propor novas investigações, para que o processo de eletrização por atrito fosse ficando mais claro e específico. Solicitei que o cano de PVC fosse substituído por um balão (destes que utilizamos em festas de crianças) e indaguei que resultados conseguiriam atritando balão com a lã. Sem exceção, todos os participantes afirmaram que o balão iria atrair os pedaços de papéis e obtiveram a comprovação de sua hipótese através da realização do experimento. Entretanto, ainda não estava satisfeito e levantei outra questão:

– *O que vai acontecer se esfregarmos balão no balão, ou PVC no PVC? Ou até mesmo lã na lã?*

Eis que uma voz um pouco tímida surge:

– Nada.

Outro colega:

– Como nada? Ocorre a eletrização!

Então a aluna que informou que nada aconteceria, tenta explicar:

– Experimente esfregar uma mão na outra mão e, depois aproxime dos papéis.

As mãos não atraem o papel, pois é mão com mão. A mesma coisa vai acontecer quando for balão com balão, nenhum pedacinho de papel será atraído pelo balão.

Neste momento a discussão já estava atingindo uma condição necessária para ocorrência da eletrização por atrito: os materiais envolvidos deveriam ter natureza diferente. Na realidade quando tentamos eletrizar por atrito corpos de mesma natureza ocorre um desequilíbrio, entretanto este desequilíbrio é muito pequeno e seus efeitos não são percebidos, já quando os materiais são de natureza diferentes este desequilíbrio ocorre em uma escala maior denominada eletrização.

Para uma última verificação do que tinha ficado retido na memória a respeito do assunto, solicitei que cada aluno registrasse em seu caderno ou folha de ofício, através de um pequeno texto, ou até mesmo de um desenho, que experiências tínhamos feito e quais os seus resultados. Alguns alunos são muito rápidos e já consegui ir dando uma olhada nos relatos destes, enquanto os outros ainda redigiam. Fiquei surpreso, pois os três primeiros foram construídos na forma de relatórios-padrão, nos quais os alunos inicialmente enumeraram o material, depois relataram o procedimento e, em seguida, escreveram uma conclusão. É fato que, embora estes alunos estivessem separados no momento da construção da escrita, resolveram o problema participando do mesmo grupo de investigação. Poderia estar aí uma hipótese para produções tão próximas.

Com estes três resultados em mãos solicitei um momento de atenção e informei que eles estariam livres para escrever, visto que nem mesmo a lousa foi utilizada para sugerir qualquer modelo de formatação de respostas.

Na imagem mostrada na Figura 8, a aluna representa o que entendeu nos experimentos. Para ela parece estar bem claro que o pano de lã cede carga negativa ao

cano e que, após o cano ser eletrizado, ele tem a capacidade de atrair os pedaços de papel. Entretanto o desenho não informa se a lã ficou carregada.

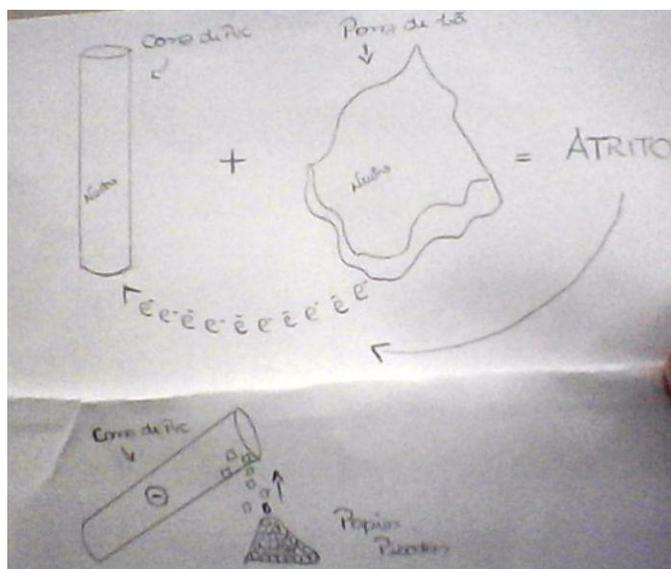


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada.– Desenho de uma aluna em que tenta representar o que entendeu.

Apresento, ainda, um registro escrito selecionado aleatoriamente:

A₃: –“A partir dos materiais disponibilizados, podemos perceber que o cano de PVC, ao entrar em atrito com a lã, produz uma carga elétrica negativa, modificando assim a superfície, no caso o cano, que, ao ser disposto próximo ao papel, que não foi modificado, portanto permanece neutro, o atrai”.

Novamente fica nítido que uma carga elétrica negativa é obtida, ou seja, o cano ficou carregado, porém não é feita referência à lã. Será que os alunos têm consciência que a lã também fica carregada?

Investiguei, através de perguntas, se estes futuros professores sabiam que a lã também ficava eletrizada. Não houve consenso nas respostas, portanto propus um novo problema:

– *Como fazer para um pedaço de lã (como o que tínhamos no kit) movimentar alguns fios de cabelo?*

Após muito atrito, os alunos conseguiram resolver o problema. E chegaram à conclusão que a lã também fica carregada.

Um dos objetivos desta proposta construtivista é que os alunos ultrapassem a simples manipulação dos materiais. Nesse sentido,

“O professor pode aproveitar as atividades de conhecimento físico para tratar de situações familiares para os alunos, estimulando-os a pensar sobre o seu mundo físico e a relacionar as ideias desenvolvidas em sala de aula com o seu cotidiano” (CARVALHO, 2009, p. 40).

Então aproveitei o assunto para comentar a respeito do motivo dos pelos de nossos braços serem atraídos pela tela da TV, da sensação de choque que sentimos, em determinados dias, quando descalços tocamos na maçaneta metálica da porta. Quando ia solicitar para alguém dar um exemplo, isto é, fazer uma relação do conteúdo com o seu cotidiano, uma aluna perguntou o motivo de ficarmos protegidos no interior de um carro. Pensei: será que ela está associando a proteção à blindagem eletrostática, aos pneus, ou a ambos?

Aproveitando que tinha alguns ralos metálicos (“ralo chinês”) na caixa onde armazenava os kits, propus que os alunos fizessem novamente o processo de eletrização por atrito, porém os pedacinhos de papel deveriam ficar em baixo do ralo.

O que achei muito interessante foi a indignação dos alunos em virtude dos pedacinhos não serem mais atraídos. Uma menina levantou a hipótese da não atração em função da distância que agora o cano ficava dos papéis. Foi então que sugeri medirmos a altura que o cano ficava em relação aos papéis quando utilizávamos o ralo chinês (aproximadamente 1,7 cm). Depois sugeri tirarem a blindagem, ou seja, proceder ao experimento sem o ralo e aproximar o cano eletrizado até ficar à mesma distância. Foi possível, então, discutir a respeito de blindagem eletrostática. Um último comentário: para o professor, não há dinheiro que pague a fisionomia de perplexidade nos rostos diante do experimento do ralo. E um trocadilho: realmente o senso comum desceu pelo ralo!

5.2.2 Segundo Encontro

O segundo encontro, que ocorreu no dia 21 de março, ficou sob a responsabilidade da Prof^a. Veronice Silva. Participei deste dia apenas como ouvinte. Ela trabalhou os seguintes temas:

- Processo ensino-aprendizagem;
- A teoria da mediação de Vigotski;
- A teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget.

Estas teorias foram trabalhadas utilizando o livro do Prof. Marco Antonio Moreira (2011) como guia.

O encontro foi dividido em três momentos. No primeiro, a professora fez uma apresentação oral referente ao processo ensino-aprendizagem. No segundo, ela separou os futuros professores em quatro grupos e cada grupo recebeu um pequeno texto referente à teoria da mediação de Vigotski ou à teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget. Cada grupo deveria fazer uma leitura de seu texto e providenciar um registro dos pontos que julgaram ser mais importantes. No terceiro momento, cada grupo apresentou o que achou mais importante para o grande grupo.

5.2.3 Terceiro Encontro

Contando com a participação de dezoito estudantes, o terceiro encontro foi realizado em 28 de março. Para este encontro, o problema proposto foi o da 11^a Atividade do Ensaio Zero: *Como obter uma imagem em pé, ou seja, de “cabeça para cima”?*

Comecei este encontro mostrando o trabalho que tinha apresentado em formato de pôster no V Encontro Estadual de Ensino de Física, na UFRGS, em 2013, mostrado no Apêndice D. Procuramos descrevê-lo, pois tinha ligação como o problema proposto.

A seguir descrevo o teor do trabalho que apresentei nesse evento. O projeto intitulado *Do Olho Humano às Charqueadas de São João* foi desenvolvido no Instituto Estadual de Educação José Bernabé de Souza, em Cerrito, RS, em uma turma de 5^o Ano do Ensino Fundamental. Tinha como objetivo explicar o funcionamento do olho

humano e integrar várias áreas do conhecimento, como Ciências da Natureza e Linguagens, e foi dividido em oito etapas:

1ª Produção de uma câmera para cada aluno em sala de aula; foram produzidas 31 câmeras com materiais de baixo custo (latas metálicas, papel vegetal, cartona preta, etc.)

2ª Utilização da câmera escura, para ver imagens;

3ª Estudo do olho humano, na sala de multimídia;

4ª Abordagem do conteúdo “Origem da Revolução Farroupilha”;

5ª Produção de novas câmeras escuras com papel fotográfico;

6ª Visitação às Charqueadas de São João, em Pelotas, RS, para a produção de imagens do local;

7ª Revelação do papel fotográfico;

8ª Exposição das imagens produzidas na Mostra Pedagógica do Instituto.

Para aclarar melhor o projeto, vamos detalhá-lo um pouco mais. Começamos pela confecção das câmeras escuras, que levou aproximadamente 2 horas. Em outro momento saímos para o pátio e os arredores da escola, para utilizar as câmeras construídas. A observação, por parte dos alunos, das imagens invertidas – de cabeça para baixo – foi muito importante, para realmente observarem como a imagem do objeto é produzida. Ficamos mais de uma hora manuseando as câmeras escuras.

Na sala de multimídia, apresentei imagens do olho humano utilizando uma apresentação em *PowerPoint* e abordei problemas da visão, bem como lentes para correção de tais problemas. Os alunos puderam também manusear as lentes que temos do Laboratório de Física.

Num terceiro momento, estudamos as relações entre o charque e a origem da Revolução Farroupilha e tivemos a ideia de fazer uma viagem para conhecer as charqueadas no município vizinho de Pelotas, RS. Daí, então, surgiu a proposta de fazermos o registro fotográfico da viagem. Porém, a administração da Charqueada São João não permite a utilização de máquinas fotográficas convencionais, nem mesmo

celulares. Então fizemos uma solicitação especial para utilizar as câmeras confeccionadas pelos alunos. Este pedido foi aceito!

Pedido aceito, confeccionamos novas câmeras, já com o papel fotográfico no seu interior. Feita a visitação e as imagens, fizemos a revelação das fotografias. O projeto culminou com a exposição das imagens produzidas na Mostra Pedagógica da escola.

Após esse breve relato, dando prosseguimento ao 3º Encontro da capacitação, foram construídas 18 câmeras escuras, com os seguintes materiais:

- *Lata vazia;
- *Cartona preta;
- *Papel vegetal;
- *Prego 12x12;
- *Fita adesiva.

Para construção da câmera (Figura 9) seguimos três passos:

1º Utilizando o prego e o martelo, fazer um pequeno orifício na parte central do fundo da lata;

2º Retirar a tampa da lata (que geralmente é feita de plástico) e fixar o papel vegetal utilizando fita adesiva;

3º Envolver a lata com cartona preta, tomando o cuidado para não tapar o orifício. Pronto, a câmera foi confeccionada!



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunas confeccionando as câmeras escuras.

Neste encontro optei por construir a câmera e não entregá-la pronta, embora a própria câmera esteja assumindo papel de *kit* nessa investigação. Então, a etapa de distribuir o material que permitiria resolver o problema já havia sido cumprida, faltava propor o problema, que foi assim enunciado:

– *Será possível obter imagens em pé (não invertidas) utilizando a câmera que vocês acabaram de construir?*

Logo alunos e alunas começaram a manusear o objeto para ver como este funcionava. O manuseio do objeto, que na minha concepção seria algo trivial, a princípio mostrou-se bastante complicado, pois os alunos apontavam a região da lata que tinha o papel vegetal para o objeto e tentavam ver a imagem espiando pelo orifício (posicionamento invertida da câmera). Como na metodologia construtivista o professor deve observar como os alunos estão manuseando o kit, ele pode dar sugestões sempre que julgar necessário e alterar o rumo dos trabalhos.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunos em frente à Unidade Bagé da UERGS manuseando as câmeras.

Corrigido o posicionamento da câmera, já conseguiam obter as imagens e passaram para etapa de tentar resolver o problema. No pátio (Figura 10), tentaram várias estratégias, até colocar a cabeça entre as pernas e olhar para trás, deitar no solo, plantar bananeira. Porém, ninguém optou por virar o objeto. Sempre movimentavam apenas a câmera. Um funcionário da instituição, curioso com o que estava ocorrendo no pátio, veio perguntar o que estávamos fazendo. Os licenciandos explicaram. Este funcionário ajudou na solução do problema sugerindo virar um determinado objeto.

Cumprida a etapa de resolver o problema, chegou o momento da tomada de consciência de como obtiveram o resultado desejado. Para tanto fizemos um grande círculo no pátio, pois foi lá que procedemos às investigações. Entretanto não retirei os objetos, os alunos continuaram com suas câmeras. E como já estava virando uma tradição, após otimizar o círculo, veio a pergunta:

– *Como vocês fizeram para solucionar o problema?*

Neste momento é solicitada a explicação de como foi obtido o resultado e os alunos começam contando como manusearam os objetos, ou seja, contam como fizeram a experiência. Como manusear a câmera não permitia muitos relatos distintos, lá pelo quarto relato resolvemos seguir em frente e os alunos começaram a tentar dar explicações sobre o ocorrido, mas antes fiz a pergunta característica desta etapa:

– *Por que a imagem ficava sempre invertida?*

Um dos rapazes fez um desenho no solo para tentar explicar o que ocorrera. Desenhou uma caixa representando a câmera, uma árvore representando o objeto e uma árvore virada no interior da caixa representando a imagem observada, além de dois segmentos de reta que tinham as seguintes origens: um saía da parte de cima da árvore e outro da parte de baixo, estes dois segmentos representavam a luz, que passava pelo orifício, representado por um pontinho, e sensibilizava pontos distintos no interior da caixa.

Perguntei ao aluno como tinha chegado àquela representação. Falou que já estudara tal assunto no ensino médio e que foi desta forma que seu professor ensinara. Então indaguei como construía a câmera escura, lá no ensino médio. Ele enfatizou que nunca antes havia construído uma câmera escura, mas que agora conseguira fazer uma ponte, ou seja, uma ligação entre os desenhos de seu professor no ensino médio e a atividade que tinha acabado de realizar.

Encerramos o momento anterior, em que os alunos tentaram dar explicações causais e nos dirigimos para o interior da sala de aula. Chegando lá, dividi a lousa em quatro partes e pedi que cada grupo registrasse no quadro o que entendera sobre o assunto abordado. Sem exceção, todos optaram pelo registro através de desenhos. Na

sequência solicitei que cada grupo tentasse explicar seu registro para os demais colegas. Nesta etapa houve bastante participação.

Para encerrar este encontro, tentamos relacionar a atividade desenvolvida com o cotidiano dos alunos, solicitei que dessem exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de fazer. Alguns alunos argumentaram que a câmera escura deu origem às atuais câmeras fotográficas, contudo a relação que no meu entendimento foi mais interessante foi o relato de uma licencianda-mãe, que informou algumas vezes ter observado no quarto de filho, cuja janela fica de frente para a rua, as imagens das pessoas que passam em frente à janela sendo projetadas na parede oposta.

5.2.4 Quarto Encontro

O quarto encontro ocorreu no dia 4 de abril, uma bela manhã de sábado, e contou com a participação de todos os 18 alunos.

Propusemos a resolução de dois problemas relacionados, contudo foram trabalhados um de cada vez.

O primeiro problema proposto já tinha sido trabalhado no Ensaio Zero (8ª Atividade), porém troquei a expressão “caverna escura” por *quarto escuro*, adaptando-o à realidade dos dias atuais.

Então, seguindo os procedimentos de ensino planejados para a formação, os alunos trabalharam em grupos. Desta vez, todavia, promovi uma dinâmica diferente para a formação dos grupos. Entreguei um pequeno pedaço de papel dobrado que continha um número. Os grupos eram formados por colegas com o mesmo número.

Formados os grupos, distribuí os materiais que possibilitariam resolver o problema:

- Lâmpada pequena, de voltagem adequada à pilha fornecida;
- Pilha grande de 1,5 V;
- Pedaço de fio cabinho;
- Tesoura;
- Fita adesiva.

Cumprida a etapa de distribuição de materiais, propus o seguinte problema:

–Imagine que você está entrando no quarto e de repente faltou energia elétrica (“luz”). Como fazer para iluminar o ambiente, apenas de uma lâmpada pequena, uma pilha, um pedacinho de fio e uma tesoura?

Uma vez proposto o problema, os alunos começaram a manusear os objetos para ver como estes reagiam. Um dos grupos já saiu “descascando” o fio, enquanto os outros analisavam cuidadosamente os objetos: olhavam a lâmpada, rotacionavam o fio, inspecionavam ambas as extremidades da pilha e da lâmpada, faziam uma leitura dos dados da pilha.

Certos de que já conheciam o material, começaram, então, as tentativas de solucionar o problema. O primeiro grupo (aquele que já saiu descascando o fio) pergunta se podem cortar o fio cabinho. Faço um gesto positivo com a cabeça informando que sim. Os outros grupos resolvem proceder da mesma maneira. Ao passar pelos grupos perguntando se realmente entenderam o problema, observo que todos os grupos ligam a ponta dos fios nos polos da pilha que estão trabalhando, ou seja, como dividiram o fio em dois pedaços, um dos pedaços é conectado ao polo positivo e o outro pedaço é conectado ao polo negativo (Figura 11).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunos conectando os fios aos polos da pilha.

Fico esperando a solução do problema no grupo 1 e nada. Vou ao grupo 2 e nada. Por fim, alguém levanta a hipótese que as lâmpadas estão queimadas. Então testo uma a uma as lâmpadas, colocando-as em um suporte, mostrando que todas estão em perfeito funcionamento. Devolvo as lâmpadas e continua a tentativa de resolução do problema. Então volto a passar pelos grupos e observo que todos estão conectando as extremidades dos dois fios no mesmo ponto da lâmpada. Quando vou propor que

conectem os fios em locais diferentes, um dos grupos grita: – Acendeu, acendeu, acendeu!

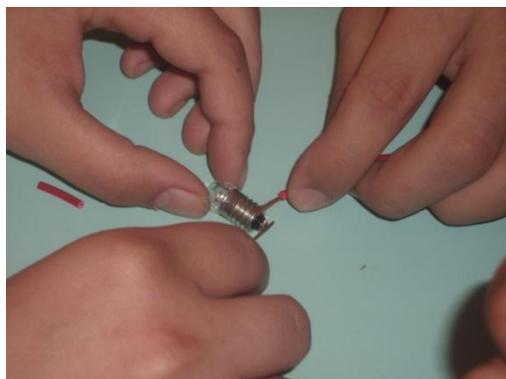


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunos conseguem fazer a lâmpada acender.

Os integrantes dos outros grupos imediatamente se viram para o grupo que conseguiu e ficam observando as ligações na parte metálica da lâmpada (Figura 12). Lembramos que, neste tipo de abordagem construtivista, observar a resolução de outro grupo não caracteriza “cola” e sim “aprender com os colegas”.

Passamos, então, a tomar consciência de como foi produzido o efeito desejado. Para isso, após separar os grupos, faço a pergunta característica desta etapa:

– *Como vocês ligaram a lâmpada, os fios e a pilha, permitindo que a lâmpada acendesse?*

O primeiro estudante que conseguiu ligar a lâmpada tenta explicar como obteve o efeito. Utiliza o próprio material para mostrar as ligações realizadas. No momento em que está explicando, outras alunas participam do relato de como foi obtido o efeito. Fecho esta etapa perguntando:

– *Realmente era necessário cortar o fio, ou seja, poderíamos ter utilizado o fio inteiro?*

Os alunos ficaram pensativos. Logo propus ligar a lâmpada sem cortar o fio. Então perguntei se alguém gostaria de tentar. Apareceram dois candidatos que rapidamente com meu auxílio conseguiram fazer a lâmpada acender.

Para estimular os alunos a darem explicações causais, faço a seguinte pergunta:

– *Por que a lâmpada acendeu?*

Uma aluna rapidamente quis explicar. Ela argumentou que nossa lâmpada acendeu porque estava em um circuito que era alimentado por uma pilha, que estabelecia no circuito uma corrente elétrica. Mediante tal explicação, indaguei:

– Como você formulou a explicação?

Ela respondeu:

– Meu marido é engenheiro.

Essa explicação inicial permitiu conversarmos a respeito de corrente elétrica, fonte, diferença de potencial, circuito fechado e circuito aberto.

Porém, como era um assunto pouco conhecido dos alunos, ficamos um bom tempo falando a respeito.

Chegou o momento de relatar a atividade desenvolvida. Os alunos optaram por produzir pequenos textos enriquecidos com um desenho. As Figuras 13 e 14 mostram dois relatos do problema contendo um desenho e um pequeno texto. A aluna 7, ao contar como procedeu para obter o efeito desejado, está preocupada em destacar como os fios devem ser conectados na lâmpada, o que também aparece no desenho do circuito (Figura 13).

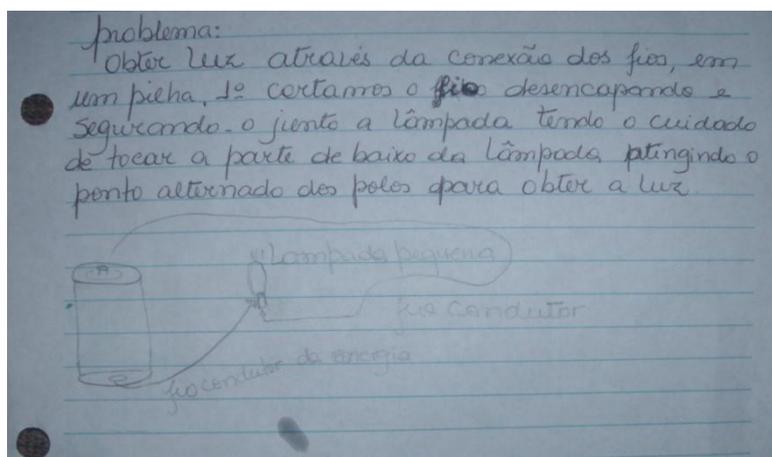


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada.- Relato da aluna 7 no problema do quarto escuro.

Já a aluna 14 (Figura 14) não se preocupa em contar como produziu o efeito e, sim, em tentar uma explicação para o efeito produzido. E ainda faz uma pequena observação em relação à quantidade de pilhas e à intensidade da luz.

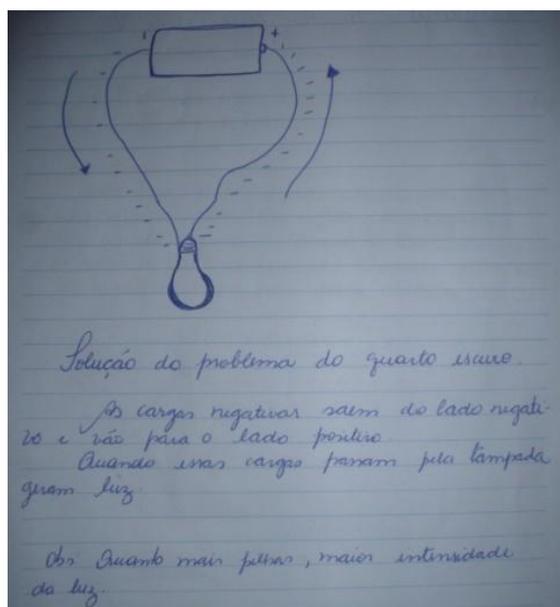


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Relato da aluna 14 na resolução do problema quarto escuro.

Fechando este primeiro problema, pedi aos alunos que tentassem relacionar a atividade com o cotidiano. Fizeram comentários sobre lanternas e ligações de lâmpadas utilizando baterias de carro.

Ainda no quarto encontro, foram propostos mais dois novos problemas para serem resolvidos pelos alunos.

Novamente separei a turma em grupos e distribuí os seguintes materiais que possibilitariam solucionar o problema:

- Suporte para quatro pilhas com fios e garras nas extremidades dos fios;
- Dois suportes para lâmpadas, com fios já conectados;

Foi então que propus o seguinte problema:

– Como fazer duas lâmpadas brilharem “fraquinho” (iluminarem pouco)?

O material disponibilizado para este problema permite que o leitor que ainda não entendeu bem a diferença entre as etapas “agindo sobre os objetos para ver como eles reagem” e “agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado” consiga agora percebê-la.

Logo após o problema ser proposto, os alunos começam a montar o circuito, ou seja, prendem uma das garras do suporte da pilha a um dos fios do suporte da lâmpada,

seguindo, prendem a outra garra ao outro fio do suporte da lâmpada, por fim colocam a lâmpada no suporte, assim estão agindo sobre os objetos para ver como estes reagem. A Figura 15 ilustra o resultado obtido.

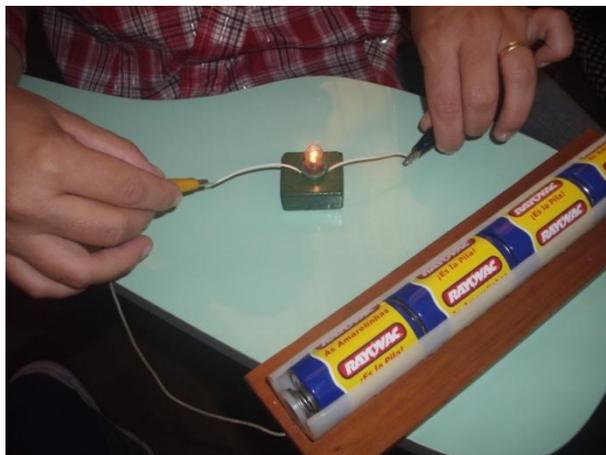


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Aluna agindo sobre os objetos para ver como eles reagem.

Uma vez que já sabem montar o circuito, agora vão tentar reorganizar o circuito inserindo outra lâmpada a fim de obter o efeito desejado (luminosidade baixa). Observe que agora os alunos estão agindo para obter o efeito desejado.

Dispor as lâmpadas em série para conseguir pouca luminosidade não foi problema para os alunos, ou seja, como já tinham conseguido montar um circuito, inserir outra lâmpada em série foi trivial.

A Figura 16 mostra o arranjo, obtido por um dos grupos, em que as lâmpadas aparecem associadas em série.

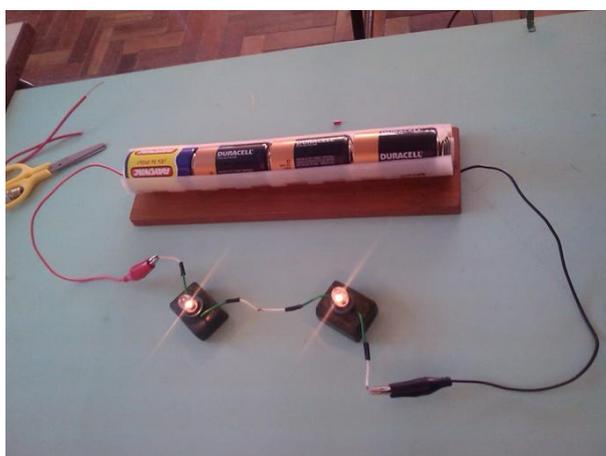


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Lâmpadas associadas em série apresentam menor luminosidade.

Após solucionar o problema, diferente das demais atividades, não separamos os integrantes dos grupos para tomar consciência de como o efeito foi produzido – os alunos continuaram em grupo, pois além de ter mais um problema a ser resolvido, o kit a ser utilizado para a resolução do próximo problema continuaria sendo o mesmo. Solicitei que um integrante de cada grupo respondesse à seguinte pergunta:

– *Como vocês fizeram para que as lâmpadas ficassem mais fracas?*

O representante de cada grupo foi até a frente da turma e mostrou seu arranjo experimental. De fato eram todos muito parecidos. Como esta etapa foi bem rápida, passamos logo para as explicações causais. Comecei então perguntando:

– *Por que as lâmpadas ficaram mais fracas?*

O grupo 1 argumentou que era em função de como elas estavam dispostas, usaram até a expressão que uma lâmpada estava “segurando na mão da outra”. O grupo 2 argumentou que as lâmpadas estavam uma ao lado da outra e que a “energia” passava primeiro numa lâmpada depois passava para outra. O grupo 3 afirmou que o grupo 2 estava certo, pois eles tinham testado tirar uma lâmpada do circuito e, quando isso ocorreu, a outra lâmpada apagou. Já o grupo 4 apresentou grande dificuldade em organizar sua explicação, mas disseram que suspeitavam que tinha alguma coisa a ver com corrente elétrica.

Em virtude das respostas obtidas – que evidenciaram concepções alternativas sobre corrente elétrica – na tentativa de encontrar algumas explicações, conversamos muito a respeito de corrente elétrica e diferença de potencial e as consequências de termos uma associação em série.

Quando chegamos ao momento de apresentar as relações com o cotidiano, uma estudante e disse (esta estudante já foi mencionada anteriormente como sendo esposa de um engenheiro):

– “Com certeza as lâmpadas lá em casa não são associadas em série. Imagina, professor, se queimasse a lâmpada da cozinha, na sala não teria luz”.

Passei então a abordar o terceiro problema. Os grupos já estavam formados. Os materiais utilizados, por serem os mesmos, já estavam com eles. Efetivamente só faltava propor o último problema, que foi o seguinte:

– *Como iluminar muito com duas lâmpadas?*

Os alunos já sabiam como os objetos reagem, pois esta etapa também já fora realizada anteriormente, só faltava mesmo obter o efeito desejado. A obtenção do efeito demorou um pouco, mas os grupos conseguiram solucionar o problema (Figura 17).

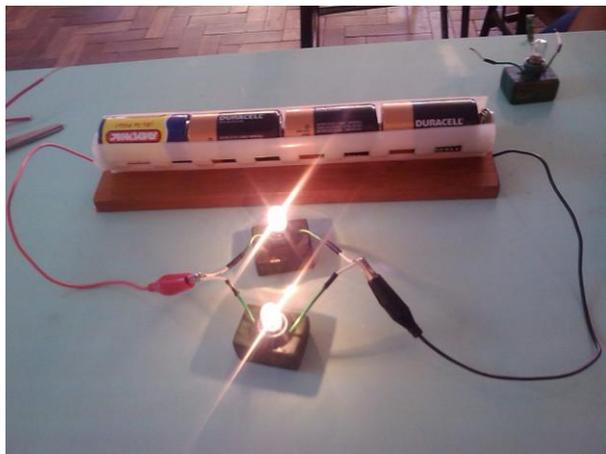


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - **Lâmpadas associadas em paralelo.**

Estando o problema resolvido, a etapa seguinte era permitir que os alunos tomassem consciência de como fora produzido o efeito desejado. Comecei com a clássica pergunta:

– *Como vocês fizeram para as lâmpadas brilharem fortes?*

Cada grupo apresentou seu circuito para os demais. As montagens eram bastante semelhantes.

Faltava meia hora para o término do encontro quando chegamos ao momento de propor explicações causais aceitas pela comunidade científica a respeito deste problema. Como já tínhamos conversado a respeito das propriedades de uma associação em série, os alunos afirmaram com muita veemência que a corrente elétrica que passava nas lâmpadas era independente, já que desta vez todos os grupos testaram tirar uma das lâmpadas do circuito e a outra continuou acesa. Entretanto nenhum dos grupos concluiu que as lâmpadas estavam sob a influência de uma mesma diferença de potencial. Sabe-se que os estudantes têm muito mais dificuldades de compreensão do conceito de diferença de potencial do que o conceito de corrente elétrica.

Fomos para a penúltima etapa, denominada *escrevendo e desenhando*. Solicitei que relatassem a atividade desenvolvida e cada grupo entregou uma folha com seu relato. A seguir apresento dois dos quatro relatos entregues:

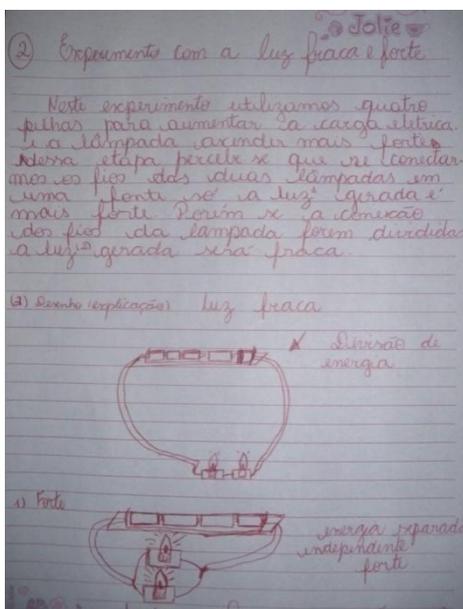


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Relato do grupo 2 sobre associação em série e paralelo.

Observando o relato do grupo 2 (Figura 18), identifiquei que este utiliza a afirmação “conectarmos os fios das duas lâmpadas em uma fonte só” para justificar o brilho mais intenso. Creio que estão fazendo referência ao fato de as lâmpadas estarem submetidas a uma mesma diferença de potencial, porém o termo utilizado necessita de correção.

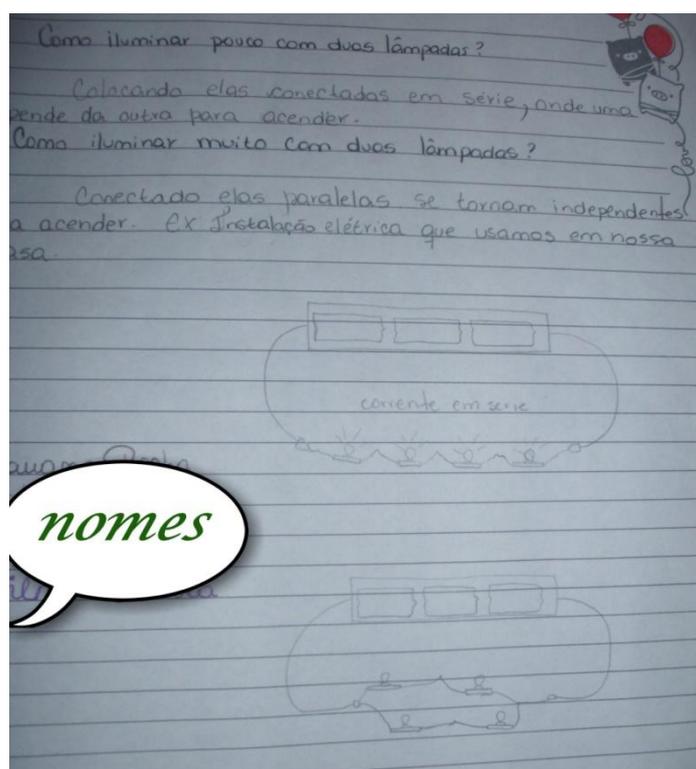


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Relato do grupo 3 a respeito das atividades sobre associação de lâmpadas em série e paralelo.

Uma análise do que registrou o grupo 3 (Figura 19) mostra que os estudantes associam a baixa luminosidade ao fato das lâmpadas serem associadas em série e alta luminosidade à associação em paralelo, contudo somente este registro não me permite afirmar que os futuros professores entenderam o que está por trás disso. Também fazem uma ponte com o cotidiano informando que nas residências as lâmpadas estão associadas em paralelo, entretanto quando foram fazer a representação através de desenhos, a associação em paralelo foi representada através de uma associação mista.

Como ainda tínhamos um pouco de tempo (cerca de dez minutos), solicitei que o grupo 3 montasse exatamente o circuito que tinham desenhado para representar a associação em paralelo e verificassem se as lâmpadas iriam apresentar a luminosidade por eles indicada. Assim foi corrigido este pequeno deslize.

Finalizamos o quarto encontro com os alunos fazendo conexões entre o tema estudado e o cotidiano. Falaram das lâmpadas utilizadas para enfeitar árvores, assim como das ligações residenciais.

5.2.5 Quinto Encontro

O quinto encontro ocorreu no dia 11 de abril e contou com a participação de 15 alunos. Nesta manhã, o Sol, mesmo sem saber, colaborou de forma decisiva para os trabalhos.

Este encontro trazia-me grande expectativa, visto que seria a primeira vez que iria trabalhar com o problema da obtenção do arco-íris. Um fato inédito nesta formação é que iria solicitar a solução do mesmo problema utilizando três kits diferentes.

Como acontecera em todos os outros encontros, comecei dividindo a turma, sendo que desta vez foram formados três grupos com quatro elementos e um com três.

Entreguei o primeiro kit aos grupos, este era composto pelos seguintes objetos:

- Prato fundo ou bacia plástica;
- Uma garrafa pet com água;
- Um pedaço de espelho retangular (10 cm x 3 cm) fixado em uma dobradiça metálica;
- Cartolina branca.

Antes de propor o problema, conversei um pouco sobre o arco-íris, perguntando se todos já tinham visualizado um arco-íris, se alguém sabia alguma história a seu respeito. Surgiu então o relato do pote de ouro no fim do arco-íris.

Logo após esta sensibilização inicial, propus o problema:

– *Como fazer um arco-íris com o material que temos sobre as carteiras?*

Ao circular pelos grupos verifiquei que seus integrantes não estavam agindo sobre os objetos para ver como estes reagiam; estavam discutindo a produção do arco-íris sem usar espelho, prato ou água, ou seja, os objetos foram deixados momentaneamente de lado. Observei uma discussão bastante exaltada entre os integrantes de um dos grupos sobre qual seria a função do espelho. Outro grupo queria saber o que fazer com a cartolina. Continuei transitando entre os grupos procurando identificar as discussões, contudo sem intervir.

Em certo momento um dos grupos ponderou:

– Professor quem sabe conversamos a respeito da formação do arco-íris?

– Como assim, conversar a respeito?

– Olha, o senhor perguntou o que cada grupo sabia a respeito do arco-íris, mas nossa conversa tomou um rumo para lendas ou histórias.

Os outros grupos aceitaram a nova proposta, então começamos a conversar.

Perguntei:

– Além do material que temos sobre as mesas, o que mais precisamos para obter um arco-íris?

– Evidente, o Sol! – respondeu uma das alunas do grupo 1.

– O Sol ou os raios solares? – inquiriu um aluno do grupo 4.

– Tá bem, tá bem, os raios solares replicou o grupo 1.

– Professor, o que devo fazer com o espelho? – perguntou o grupo 3.

Aproveitando a indagação, questiona o grupo 2:

– Para que serve a cartolina?

Neste momento intervi:

– Calma pessoal, temos a manhã inteira para resolver. Por ora, vamos para o pátio trabalhar com outros materiais para resolver o mesmo problema.

Tínhamos apenas uma mangueira de jardim para os quatro grupos utilizarem. E ainda faltava encontrar uma torneira, que foi logo descoberta nos fundos do prédio, na quadra de esportes. Então novamente propus o problema de formar o arco-íris, só que agora com este novo material (mangueira). Desta vez já foram manuseando a mangueira para verificar quanta água saía. Em seguida começaram as tentativas de solucionar o problema. Foi um festival de água para todo lado e nada de arco-íris.

Observei que tinha uma aluna achando tudo muito divertido, chegando a gargalhar. Não resisti e perguntei:

– Qual o motivo de tanta graça?

– Desculpe, professor! Parece que esses meninos e meninas não tiveram infância. Se o senhor permitir, resolvo o problema.

– Tudo bem, por favor, resolva. – falei.

A aluna pegou a mangueira, pediu para uma colega diminuir a quantidade de água (fechando um pouco a torneira), inclinou a mangueira, obstruiu em parte a saída de água, posicionou-se de costas para o Sol, conseguindo formar um arco-íris. Os demais alunos ficaram extasiados, gritavam, batiam palmas; e um a um todos formaram “seus próprios arco-íris”.

Voltamos para a sala, para dar continuidade aos procedimentos de ensino. Na etapa de tomada de consciência, os estudantes contaram rapidamente como o efeito foi obtido. Então, passamos à fase de dar explicações causais. Para tanto fiz a seguinte indagação:

– *Por que o arco-íris apareceu?*

Achei muito interessante que eles não responderam à minha indagação e, sim, fizeram outras perguntas:

– Por que surgem estas cores?

– Por que as cores aparecem sempre na mesma ordem?

– Por que tem algumas cores mais fortes?

Criou-se um ambiente com enorme necessidade de respostas. Entretanto não queria sair disparando certezas para todos os lados, afinal gostaria de ouvir dos alunos o que pensavam a respeito. Por isso tentei um acordo. Eles me ajudariam a construir a resposta da minha primeira indagação e em contrapartida eu os ajudaria a construir as respostas para seus questionamentos.

Na etapa das explicações causais fui promovendo algumas perguntas que, no meu entendimento, propiciariam a construção da resposta à indagação inicial. Então recomecei perguntando:

– O que está entrando em contato com água?

– Qual a cor da luz que entra em contato com a água?

– O que acontece com a luz ao entrar em contato com a água?

Cada uma destas questões foi apresentada separadamente. Ou seja, fazia a pergunta e esperava a resposta, somente depois evoluía. Um aluno perguntou se o terceiro questionamento tinha alguma relação com o disco de Newton. Após a minha resposta afirmativa, ele argumentou que a luz branca era decomposta em outras cores – na realidade ele disse que a luz branca se dividia em outras cores ao entrar em contato com a água.

Com a participação deste rapaz consegui falar sobre refração da luz, mas para isto demonstrei a clássica experiência da refração (copo transparente cheio de água e uma caneta no seu interior). Também comentei sobre os meios onde a luz se propaga e foi possível conversar a respeito da velocidade da luz viajando em diferentes meios. Ainda precisei comentar sobre a dispersão da luz.

Outro aspecto interessante e decisivo para construção da compreensão de como obtiveram o arco-íris foi a participação dos alunos a cada nova pergunta/informação. Quando fui cumprir a minha parte no acordo, que seria responder as três questões propostas pelos estudantes, alguns pediram para tentarem responder. Então sentei na cadeira e fiquei observando as tentativas de respostas. Nesta hora novamente voltei a me encantar com minha profissão. Passada a satisfação e porque não dizer emoção de observar respostas pertinentes; os alunos teriam que novamente produzir arco-íris.

Quando os alunos voltaram a atacar o problema de obter um arco-íris com os materiais disponibilizados no início do encontro (espelho, prato, água e cartolina branca), resolvi mudar um pouco o problema, passando a ser o seguinte:

– *Como devemos fazer para obter um arco-íris na cartolina?*

Diferente da primeira tentativa, os estudantes, desta vez, começaram a agir sobre os objetos e, observando as respostas destes, passaram à etapa de tentar obter o efeito desejado. Foi espetacular quando o primeiro grupo conseguiu projetar o arco-íris na cartolina branca. Os outros estudantes abandonaram seus objetos e vieram observar as ações deste grupo. Uma vez que o problema foi resolvido por um dos grupos, os outros três grupos também conseguiram obter o efeito desejado, resolvendo, assim, o problema. A Figura 20 registra o momento em que um dos grupos projetou o arco-íris no cabelo de uma das meninas que participava do encontro.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Arco-íris sendo projetado no cabelo de uma das alunas.

Depois da euforia de projetar arco-íris para todos os lados, chegou o momento da tomada de consciência de como o efeito foi produzido. Formulei a pergunta clássica desta fase:

– *O que vocês fizeram para o arco-íris aparecer na cartolina?*

Os alunos contaram em detalhes como manusearam os objetos para produzir o arco-íris. Quando foi solicitado que dessem explicações causais sobre o que permitiu a solução do problema, vários alunos se manifestaram utilizando os conceitos de dispersão da luz, refração da luz e reflexão da luz. Novamente fiquei orgulhoso destes alunos.

Dentro do que foi planejado para este encontro, faltava obter um último arco-íris. Recolhi os outros materiais e entreguei apenas um CD para cada grupo e propus o novo problema:

– *Como obter um arco-íris utilizando este CD?*

Desta vez, o próprio manusear o objeto, para conhecê-lo, permitiu solucionar o problema. Sendo assim, encaminhei a tomada de consciência de como foi produzido o efeito desejado. Esta etapa foi cumprida rapidamente. Quando atingimos o momento que permitia as explicações causais, algumas dúvidas surgiram, o que contribuiu para a superação de algumas respostas alternativas.

Fiquei tão realizado com o encontro, que acabei me esquecendo de solicitar que os alunos escrevessem e desenhassem a respeito do assunto discutido. Fui direto para o

momento de relacionar a atividade com o cotidiano e, durante esta última etapa, surgiu o termo *transposição didática*, ou seja, uma das alunas que fará estágio neste 1º semestre de 2015, em um 3º ano do Ensino Fundamental, relatou que iria tentar adaptar o que trabalhou/aprendeu neste encontro para suas aulas.

Quando pensei, planejei e elaborei esta formação ou capacitação para as alunas e alunos da Pedagogia, meu objetivo era investigar a viabilidade da utilização da metodologia construtivista no ensino de ciências para formação inicial destes licenciandos, contudo esta simples capacitação atingiu rapidamente um nível, uma escala maior visto que os discentes já começavam a falar em levar as atividades da formação para suas possíveis práticas enquanto professores em seus estágios obrigatórios. Verifiquei que não foi preciso falar em transposição didática, esta surgiu espontaneamente.

No final deste encontro apliquei o segundo questionário, *Perguntas Parciais*, detalhado no Apêndice B, que tinha como objetivo principal verificar como a metodologia construtivista estava sendo “digerida” pelos licenciandos até o momento.

5.2.6 Sexto Encontro

Este encontro aconteceu no sábado, 18 de abril, e contou com a participação de 16 discentes, 2 alunos e 14 alunas.

O assunto planejado era Magnetismo. Escolhemos o problema dos “carrinhos magnéticos” (7ª Atividade do Ensaio Zero) e o problema da “bússola maluca” (10ª Atividade do Ensaio Zero).

A turma foi dividida em quatro grupos, com quatro integrantes cada, e recebeu os seguintes objetos:

- Dois ímãs em forma de barra;
- Dois carrinhos de metal (7 cm x 3 cm x 2 cm), encontrados facilmente no comércio;
- Fita adesiva.

Estes materiais foram utilizados na solução de dois problemas, que foram propostos separadamente, sendo o primeiro:

– *O que fazer para um carrinho puxar o outro carrinho?*

Antes de manusearem os objetos para verificar como estes reagiam, um dos grupos fez uma pergunta até certo ponto instigante:

– Professor, podemos brincar no chão?

Mediante minha resposta positiva, os outros grupos também se acomodaram pelo chão da sala de aula e começaram a manusear os objetos. Quando entreguei os objetos não expliquei que se tratavam de ímãs. Uma vez que identificaram que os dois objetos retangulares eram ímãs, começaram a tentar resolver o problema (Figura 21).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunas manuseando os carrinhos com os ímãs para resolver o 1º problema proposto.

Após solucionarem o *primeiro* problema, propus outro, ou seja, não passei pelas etapas de tomar consciência de como o efeito foi produzido ou das explicações causais dos efeitos. O segundo problema proposto foi:

– *O que fazer para um carrinho empurrar o outro?*

Como os estudantes já tinham resolvido o primeiro problema, chamou-me a atenção como um dos grupos organizou os objetos para solucionar o segundo problema. Tamanha foi minha surpresa que resolvi registrar. Não estou aqui querendo criticar a maneira como as meninas organizaram os objetos – colocaram os dois carrinhos em contato, fixaram um dos ímãs no carrinho posicionado atrás e sustentaram o outro ímã em uma das mãos, próximo ao ímã preso (Figura 22) – apenas achei “diferente” não

terem fixado os dois ímãs nos carrinhos. Entretanto já deveria estar preparado para uma infinidade de possibilidades de solução, afinal no Ensaio Zero os ímãs foram parar até na parte inferior dos carrinhos.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Disposição curiosa dos objetos para solução do 2º problema.

Após a resolução destes dois problemas, passamos à etapa seguinte de nossa metodologia: a tomada de consciência por parte dos alunos de como foi produzido o efeito desejado. Nessa etapa, os alunos devem contar como manusearam os objetos para atingir o efeito desejado. Fiz a pergunta clássica:

– *Como vocês fizeram para um carrinho puxar o outro?*

Cada grupo contou de maneira detalhada como fez para obter seu resultado. Um dos grupos, inclusive, relatou que primeiro conseguiu empurrar o carrinho e só depois, na nova disposição, conseguiu puxar.

Antes de passar para as explicações causais, indaguei sobre o que fizeram para um carrinho empurrar o outro, isto é, pedi que fosse detalhada a maneira como manipularam os materiais para resolver o segundo problema. E, claro, fiquei esperando o relato do grupo que posicionou os carrinhos de uma maneira que eu não esperava. Entretanto o grupo relatou que a disposição dos carrinhos era para não parecer trivial, ou seja, posicionaram daquela forma para não ser igual aos outros grupos. Após esta resposta, era momento de seguir em frente. Passamos para a etapa das explicações causais, porém fiz uma pequena alteração: pedi que os alunos discutissem nos grupos a respeito do efeito obtido e registrassem numa folha de papel.

Todos os grupos entregaram seus registros escritos das explicações causais, que estão mostrados nas Figuras 23 a 25.

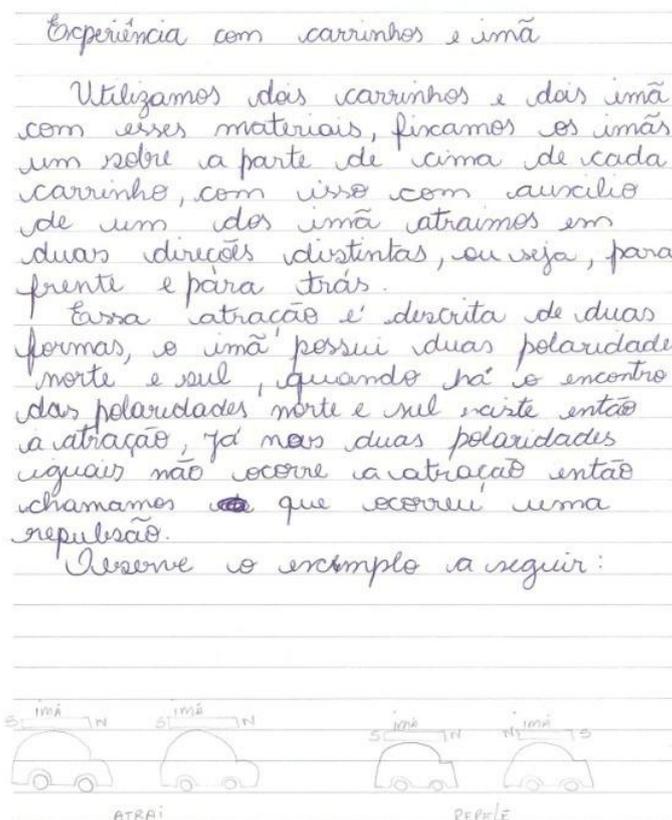


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Explicações causais do grupo 1.

O grupo 1 (Figura 23), mesmo na etapa das explicações causais, continua contando como obtiveram o efeito, ou seja, parece que ainda se encontra na etapa da tomada de consciência; depois já começam a falar dos efeitos de uma ímã sobre o outro, entretanto observa-se que os alunos confundem direções com sentido.

Este grupo tem conhecimento das polaridades de um ímã e, mais, tem consciência do que ocorre quando aproximamos polos diferentes e quando tentamos aproximar polos iguais. Esta consciência é expressa de forma bem clara através dos desenhos.

O grupo 2 (Figura 24) tenta realmente partir para uma explicação causal. Fazem referência aos polos dos ímãs identificando-os como “positivo” e “negativo”. Depois afirmam que polos diferentes se atraem e polos iguais se repelem e que isto propiciou o

movimento dos carrinhos. Tentam mostrar, através de desenhos, a repulsão e a atração, contudo estes são insuficientes.

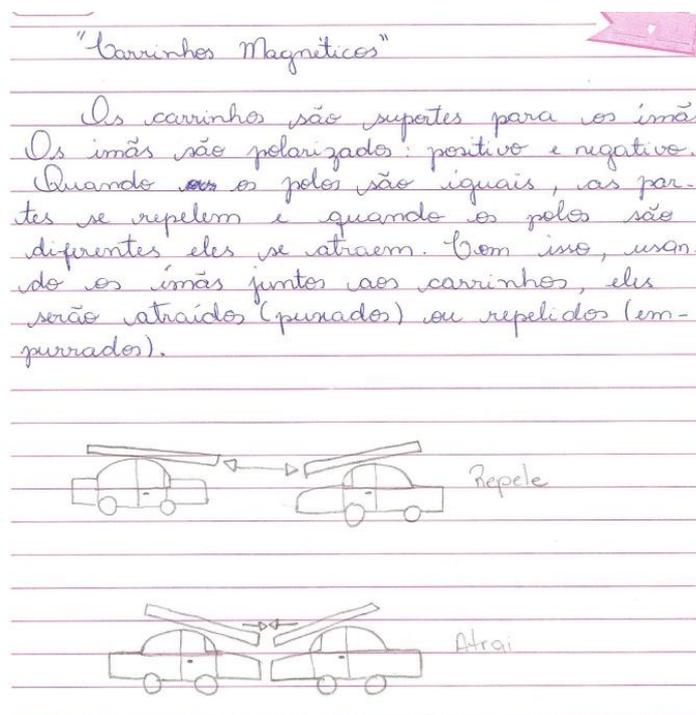


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada.– Explicações causais do grupo 2.

Fiquei surpreso com a identificação dos polos dada pelos estudantes, todavia não fiz julgamentos antes de discutir com os mesmos. Essa conversa foi desenvolvida na etapa seguinte.

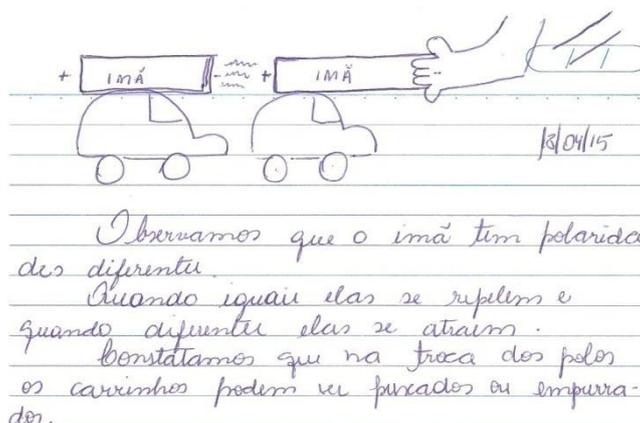


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Explicação causal do grupo 3.

Ao analisar o relato do grupo 3 (Figura 25) verifico que este começa utilizando um desenho e, mais, assim como o grupo 2, identifica os polos como positivo e negativo. Também conseguem explicar o afastamento, ou seja, a repulsão em função dos polos serem iguais e a atração devido aos polos serem diferentes.

Como surgiram estas nomenclaturas para os polos dos ímãs, fui investigar a origem e se as mesmas estavam vinculadas à polaridade de uma pilha e, portanto, se acreditavam existir uma diferença de potencial elétrico nos ímãs. Para tanto, organizamos um grande grupo de discussão.

Resumidamente posso informar que a questão da nomenclatura se deve realmente ao fato de que esqueceram o nome dos polos dos ímãs e deixaram claro que não estavam confundindo ou associando um ímã a uma pilha (Ufa!).

Preciso que esteja claro que esta foi a única vez que solicitei as explicações causais nos grupos, sem a participação do professor para encaminhar, ou, melhor orientar as discussões. Uma vez que os alunos já tinham cumprido a etapa de escrever e desenhar, foi dado prosseguimento ao 6º Encontro.

Como ainda precisava propor um novo problema, fez se necessário a construção do objeto que possibilitaria chegar à solução do próximo problema. Então cada grupo construiu uma bússola.

Utilizamos para confeccionar a bússola os seguintes materiais:

- Uma agulha de costura;
- Um ímã retangular;
- Um recipiente para colocar água (prato ou pote de margarina);
- Pedaco de isopor;
- Fita adesiva.

As etapas da construção da bússola foram as seguintes:

1º Coloque água no recipiente;

2º Coloque a agulha no recipiente e observe;

3º Retire a agulha do recipiente e utilize o papel para enxugar a agulha;

4º Coloque a agulha novamente no recipiente e observe;

- 5° Retire a agulha do recipiente e utilize o papel para enxugar a agulha;
- 6° Passe o ímã na agulha, sempre na mesma direção e no mesmo sentido;
- 7° Prenda a agulha no isopor;
- 8° Coloque a agulha presa no isopor em contato com a água.

Cumprida as etapas anteriores a bússola estava confeccionada e em perfeito funcionamento. Foi então que propus o último problema deste encontro:

– *Como fazer para a bússola mudar sua orientação?*

Embora não tenha informado anteriormente, como de costume na descrição dos outros encontros, além da bússola, disponibilizei para os estudantes os seguintes materiais para solução do problema: ímã em forma de barra, fio cabinho e pilhas grandes.

Em virtude dos alunos terem confeccionado suas bússolas, eles já sabiam como as mesmas funcionavam e partiram diretamente para solucionar o problema. Ao observar as tentativas de solução, verifiquei que rapidamente os grupos conseguiram movimentar a bússola utilizando o ímã. Entretanto nenhum dos grupos conseguiu movimentar a bússola utilizando o fio e as pilhas, inclusive comentavam nos grupos que o fio e as pilhas seriam uma pegadinha.

Na hora julguei ser melhor não orientar a solução utilizando o fio e as pilhas. Pensei que na etapa da tomada de consciência de como efeito foi obtido eu poderia explorar melhor esta outra possibilidade de solução.

Então evoluímos para a etapa onde os alunos tomam consciência de como foi produzido o efeito desejado, para tanto os grupos foram desfeitos e trabalhamos num grande grupo. Esperei que espontaneamente os alunos descrevessem em detalhes como o efeito foi obtido. Já no terceiro relato ficou claro que os grupos procederam de maneira semelhante. Indaguei o motivo de não terem utilizado os outros materiais: fio e pilhas. Sem exceção, todos afirmaram que tentaram utilizar tais objetos, mas não obtiveram êxito. Investiguei através de perguntas diretas se os estudantes tinham interesse em verificar a solução do problema com esses materiais e todos disseram que sim.

Logo, posicionei uma classe no centro da sala e pedi que colocassem sobre esta uma das bússolas, um pedaço de fio e pilhas. Solicitei que ficassem ao redor da mesa observando o que seria feito na tentativa de solucionar o problema. Primeiro, permitimos que a bússola atingisse sua posição rotineira. Segundo, aproximei o fio da bússola e perguntei se estava acontecendo alguma coisa. Esperei as respostas e segui em frente. Na sequência, orientei para que um dos alunos conectasse as pontas do fio às pilhas. Foi espetacular a reação dos alunos:

– “Olha, olha tá mexendo!”

– “Professor, a agulha movimentou, que loucura!”

– “Não, não, faz de novo. Bah, não é que movimenta mesmo!”

Ficamos conectando e desconectando o fio aos terminais das pilhas por um bom tempo. Na realidade os alunos quiseram refazer a experiência sozinhos, ou seja, até mesmo o fio que estava sobre a bússola fizeram questão de segurar.

Passamos para a etapa de dar explicações causais. Foi uma etapa bastante cansativa, pois os alunos tinham muitas crenças e explicações espontâneas sobre o que ocasionava o efeito observado. Primeiro comecei perguntando o motivo da bússola se movimentar quando aproximavam o ímã. Depois perguntei por que este efeito era produzido novamente quando o fio era ligado às pilhas. Conversamos de maneira muito tranquila a respeito, evoluindo lentamente, passo a passo, inclusive cheguei indicar a construção da direção do campo magnético ao redor do fio.

Chegamos à etapa de escrever e/ou desenhar a respeito do assunto e, realmente, fiquei satisfeito com o que observei, pois os alunos propuseram a seguinte dinâmica: cada discente deveria ir até a lousa e tentar de alguma forma expor o que entenderam, através de frases ou desenhos. Entretanto alguém poderia perguntar: – O que você observa de tão interessante? Respondo: – Não é o fato de irem à lousa e, sim, a contribuição dos colegas com o aluno que ia até a lousa. Vou tentar ser mais claro: toda vez que uma tentativa de um registro de explicação não ficava clara ou parecia errada, o restante da classe contribuía perguntando o que realmente estava tentando explicar ou de alguma forma ajudava na explicação. Criou-se um ambiente colaborativo, de participação coletiva, com o intuito de atingir explicações aceitas cientificamente.

Após esta enorme participação, atingimos o momento de relacionar a atividade com o cotidiano, que foi perfeitamente desenvolvida, inclusive surgiu o tema Maglev.

Com certeza posso afirmar que este encontro foi muito produtivo!

5.2.7 Sétimo Encontro

No sábado, dia 25 de abril, realizamos nosso sétimo encontro, contando com a participação de apenas 14 alunos.

Neste encontro os problemas propostos voltaram-se para a Óptica, sendo estes, no meu entendimento, bem simples, porém instigantes. Como a solução dos problemas estava vinculada ao manuseio de espelhos, estes tiveram seus vértices polidos, diminuindo assim a probabilidade de eventuais acidentes (cortes).

Sem fugir à metodologia já empregada nos outros encontros, comecei separando a turma em grupos. Montamos quatro grupos, sendo dois com 3 elementos e dois com 4. Em seguida distribuí os objetos para os grupos:

- Dois espelhos planos (13 cm x 18 cm);
- Uma borracha.

Antes de propor o problema, salientei a necessidade de tomarem cuidado ao manusear os objetos, por serem potencialmente cortantes. Então propus o primeiro problema:

– *Como poderemos obter várias imagens de uma borracha utilizando dois espelhos?*

Logo os alunos manusearem os objetos, ou seja, agiram sobre eles para ver como reagiriam. Bom, como todos têm espelhos em casa, esta etapa foi rápida. Ao passar pelos grupos, observei e registrei as tentativas de resolução do problema (Figura 26).

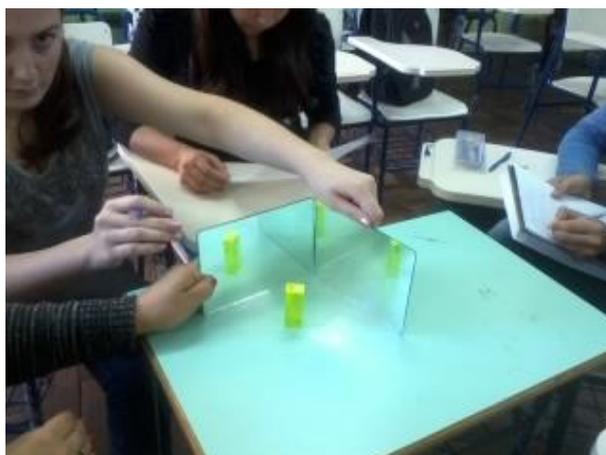


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunas associando os espelhos para obter várias imagens.

Ao observar essa imagem, percebe-se que um integrante do grupo do lado direito já começa a fazer anotações a respeito do que está acontecendo.

Como sempre ficava passando pelos grupos para verificar o andamento da atividade e dar possíveis contribuições se fosse necessário, notei que todos os grupos rapidamente conseguiram obter o efeito desejado; então pensei em fornecer aos grupos transferidores para verificarem o ângulo entre os espelhos. Contudo não tínhamos na unidade de ensino estes materiais. Felizmente uma das alunas disponibilizou-se a ir até o comércio local comprar. Entreguei um transferidor para cada grupo e solicitei que estes investigassem o que acontecia quando o ângulo entre os espelhos diminuía ou aumentava.

Novamente, observando os grupos trabalharem, notei que dentro dos grupos os alunos conseguiram concluir que diminuindo o ângulo entre os espelhos o número de imagens era maior. Tentei orientar os grupos para a obtenção de uma expressão que possibilitasse determinar o número de imagens em função do ângulo, mas não conseguimos.

Após observar esta etapa, propus o segundo e último problema do sétimo encontro:

– *Como fazer para conseguir uma quantidade tão grande de imagens de uma borracha de maneira que não conseguimos contá-las?*



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Espelhos dispostos em paralelo para obtenção de infinitas imagens da borracha.

Em virtude dos alunos já terem conhecimento de como os espelhos e a borracha reagem, foram direto para obtenção do efeito desejado. Após algumas tentativas um dos grupos conseguiu solucionar o problema (Figura 27).

Solucionados ambos os problemas, partimos para as etapas posteriores, sendo que estas foram individualizadas para cada problema.

Os alunos começaram a tomar consciência de como obtiveram o efeito desejado para o primeiro problema, quando fiz a tradicional pergunta:

– *Como vocês fizeram para conseguir várias imagens da borracha utilizando os dois espelhos?*

Quando o segundo aluno descreveu como obteve o efeito desejado, ficou notório que se tratava de um relato praticamente igual ao da primeira aluna no que tange à obtenção de várias imagens. Mesmo assim perguntei se mais algum aluno ou aluna gostaria de contribuir com o seu relato. É evidente que se os estudantes fossem alunos dos anos iniciais do ensino fundamental deveríamos esperar todos relatarem.

Passamos então à etapa das explicações causais, como já foi salientado anteriormente. Nesta fase é essencial que o estudante explicito o porquê do fenômeno observado, contudo nem sempre se obtém de imediato uma explicação. É necessário que o professor escute atentamente os estudantes e se for necessário refaça a pergunta (CARVALHO, 2009, p. 38). Neste problema em especial, em virtude de os alunos

terem utilizado transferidores, estava claro que a obtenção de um determinado número de imagens dependia do ângulo entre os espelhos e nesta etapa fica claro até onde os alunos conseguem chegar. O professor pode contribuir de maneira significativa orientando-os na busca de atingir um degrau mais acima. Neste caso, o degrau que faço referência é a equação que permite determinar o número de imagens em função do ângulo entre os espelhos.

Aproveitando que estávamos num momento de discussão, troca e compartilhamento de ideias, encaminhei a tomada de consciência sobre como foi produzido o efeito das inúmeras imagens (segundo problema). Os estudantes contaram em detalhes (que neste caso, não são muitos) como conseguiram obter infinitas imagens. Fez-se necessário a etapa das explicações causais também para este segundo problema. Incrível como os alunos nesta etapa recorriam à etapa anterior, ou seja, demonstravam como obtiveram o efeito, contudo não conseguiam explicitar o porquê do efeito observado. Após algumas discussões, chegamos a explicações que fogem ao senso comum. Tais explicações foram registradas pelos alunos e serão apresentadas logo em seguida.

Quando atingimos a etapa do escrevendo e desenhando, os alunos já tinham conversado muito a respeito do assunto, com espaço para expor suas ideias e contemplar as ideias dos colegas. A seguir apresento, nas Figuras 28 a 30, imagens do registro de três dos quatro grupos que participaram do encontro.

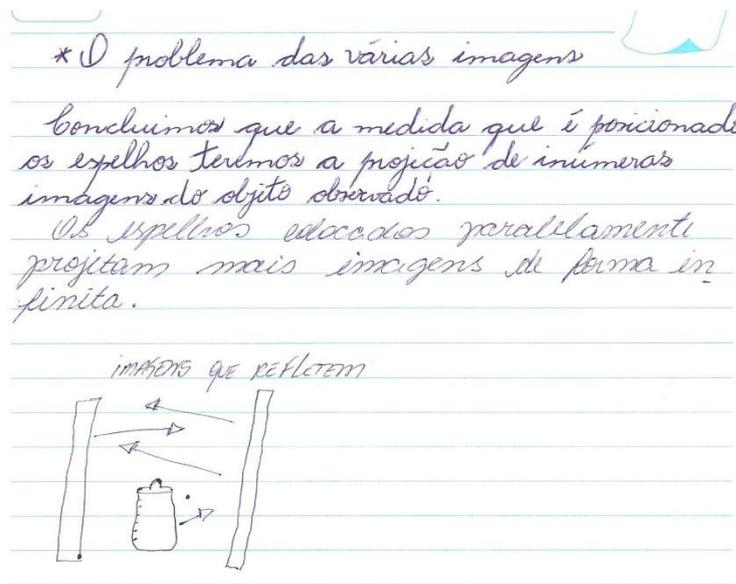


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Relato do grupo 1 a respeito da associação paralela de espelhos planos.

Quando o grupo 1 (Figura 28) tenta escrever e desenhar a respeito da obtenção de várias imagens, fica claro pelo desenho e texto que os espelhos estão associados paralelamente e parece que os alunos têm o entendimento que uma nova imagem serve como um novo objeto para o outro espelho.

Já o grupo 2 (Figura 29) escreve de forma um pouco evasiva a respeito da obtenção de infinitas imagens. O segundo parágrafo dá a entender que, quando associamos os espelhos com diferentes ângulos, obtemos o mesmo resultado, ou seja, infinitas imagens.

Fico pensando, ao observar o relato do grupo 3 (Figura 30), como este não obteve a equação que permite obter o número de imagens em função do ângulo? Talvez se tivesse orientado um pouco mais o grupo...

Percebemos que ao colocar um objeto no centro e um espelho de frente para outro essa imagem deste objeto vai refletir no primeiro espelho e isso refletirá infinitamente para o segundo espelho.
 O mesmo acontece quando aproximamos o espelho em vários ângulos.

Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - Relato do grupo 2 a respeito da associação paralela de espelhos planos.

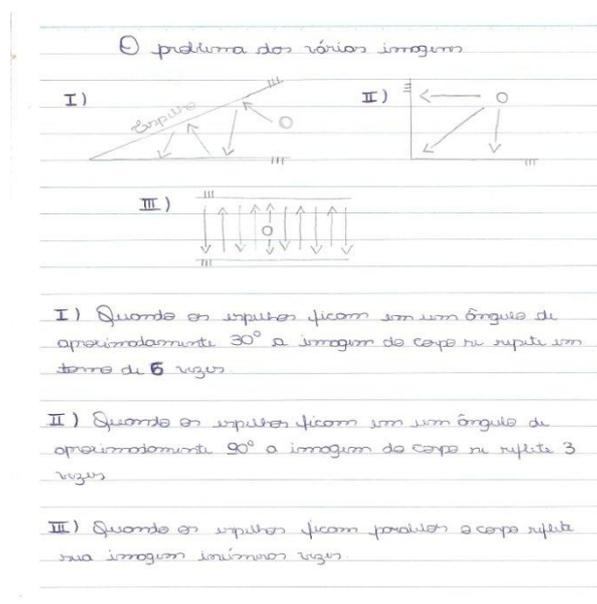


Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - Relato do grupo 3 a respeito da obtenção de imagens através de distintos tipos de associação de espelhos planos.

Finalizamos este encontro com os alunos relacionando a atividade ao cotidiano. Falaram sobre os espelhos nos salões de beleza, sobre os efeitos produzidos em teatros e até mesmo em filmes.

5.2.8 Oitavo Encontro

Este encontro ocorreu no dia 2 de maio de 2015 e contou com a participação de 15 alunos. Nele foram propostos dois problemas, ambos voltados para a reflexão. O primeiro foi:

– *Como é que a gente pode fazer para iluminar este apontador que está atrás do caderno usando somente estes dois espelhos?* (CARVALHO, 2009, p. 111)

Preciso caracterizar o cenário da sala de aula, para que fique claro como foi possível os alunos resolverem o problema:

1º Utilizei três carteiras que serviram de bancadas para os grupos, ou seja, uma para cada grupo;

2º Posicionei a luminária, o caderno e o apontador sobre a carteira, informando que estes objetos deveriam ficar em suas posições originais (Figura 31).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Professor mostrando onde os objetos deveriam ficar.

Durante a explicação da posição dos objetos os alunos ainda não tinham formado grupos. Após esta breve introdução, foram organizados três grupos com 5 elementos cada. Utilizou-se um número maior de componentes por grupo, pois só tínhamos três luminárias. O anteparo, que na Figura 31 é um caderno, foi substituído em um dos grupos por uma bolsa. Já nos outros grupos, para o objeto a ser iluminado utilizou-se uma capa de máquina fotográfica e uma garrafa de água mineral. Embora não apareça na imagem, foram disponibilizados dois espelhos planos (13 cm x 18 cm) para cada grupo.

Então os alunos começam a agir sobre os objetos para ver como estes reagem. Para isto ligaram a luminária e começaram a posicionar os espelhos observando a reflexão da luz que ora é projetada na calça de um colega, ora no quadro, ora no professor... Ficaram brincando com os espelhos durante um bom tempo, até lembrarem que tinham um problema para resolver.

Quando começam a agir sobre os objetos na busca do efeito desejado, o processo de tentativa e erro torna-se comum, ou seja, os alunos tentam ajustar as posições dos espelhos até conseguirem iluminar atrás do objeto. Notei um grande revezamento dos estudantes dentro dos grupos em quem movimentava os materiais no decorrer da tentativa de solucionar este problema, sempre que uma dupla não conseguia iluminar atrás do objeto, outra dupla assumia a manipulação dos objetos no mesmo grupo. Sempre que eu percebia que um grupo tinha conseguido solucionar, solicitava que seus integrantes demonstrassem como obtiveram o efeito (Figura 32). E toda vez que um dos grupos resolvia o problema, gritos de alegria surgiam no ambiente.



Figura 32 Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunos conseguindo o efeito desejado, ou seja, iluminar atrás do objeto.

Os grupos foram desfeitos e passamos à próxima fase que permitia que tomassem consciência de como o efeito foi obtido. Um grande grupo foi formado permitindo a integração de todos os alunos. Logo os alunos foram encaminhados a contar como agiram para obtenção do resultado desejado, a partir da seguinte pergunta:

– *Como vocês fizeram para conseguir iluminar este objeto que estava atrás deste enorme anteparo usando somente dois espelhos?*

Neste momento cada aluno tem a oportunidade de contar como procederam e alguns explicaram manuseando novamente os objetos.

A próxima etapa em que os alunos são inseridos é a tentativa de explicar o porquê do fenômeno observado. Como já salientei em outros relatos de encontros, nem sempre a resposta é obtida de forma direta. Todavia desta vez explicações condizentes foram apresentadas quando fiz a primeira pergunta:

– *Por que, quando vocês colocaram os espelhos naquelas posições, o objeto ficou iluminado?*

Na etapa posterior os alunos fizeram um relato da experiência, mas não de forma tradicional, e sim como já vinha acontecendo em outros encontros, ou seja, deixando-os livres para escreverem e/ou desenharem. Escolhi um (Figura 33) destes relatos (não é o melhor, nem o pior, é um intermediário) para fazer uma pequena análise.

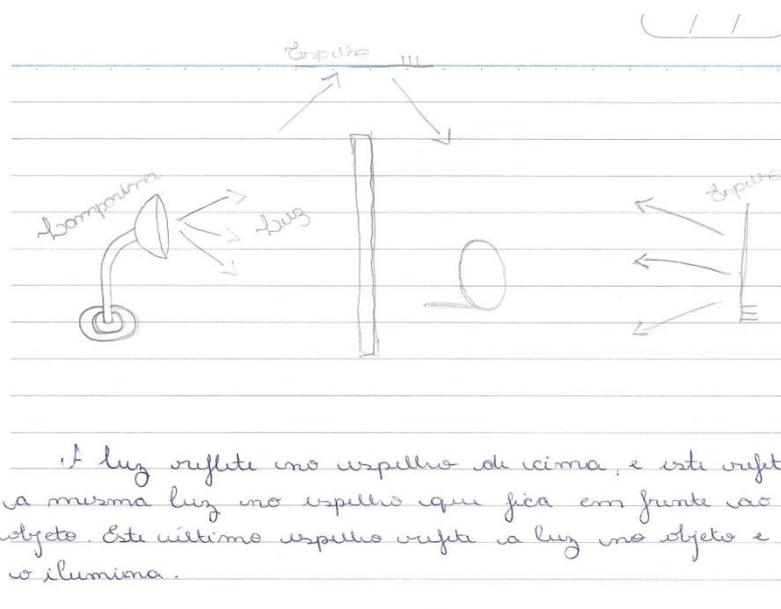


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Relato escrito de um dos alunos explicando o efeito obtido.

Observo que o aluno já utiliza um símbolo adequado para representar os espelhos, entretanto não teve muito cuidado quanto à inclinação destes. Nota-se que realmente a parte de trás do objeto está sendo iluminada ao observarmos a sombra. Contudo o que determinei como sendo a parte de trás do objeto, o aluno entende como a frente. O aluno indica que apenas parte da luz emitida pela lâmpada chega até o espelho

e que a luz é emitida em várias direções. Mostra a reflexão da luz em ambos os espelhos e que, através da reflexão, é possível iluminar o objeto ou, melhor, parte deste.

Para finalizar o estudo deste primeiro problema, os alunos são instigados a tentar relacionar o que foi estudado como o cotidiano e às vezes, nesta etapa, independe do problema que foi resolvido, aparecem fenômenos bem diferentes. Em particular falaram de quando eram crianças e utilizavam os vidros que vinham nos relógios de pulso para produzirem reflexão durante as aulas.

Assim como em um dos encontros anteriores, surgiu novamente a questão da transposição didática e os alunos externaram a viabilidade deste assunto ser abordado nos anos iniciais do EF. Ficaram contentes e envaidecidos quando mostrei uma obra de Carvalho (2009), onde a autora relata ter tratado este problema num terceiro ano do ensino fundamental.

Na segunda parte da manhã, começamos a trabalhar com o segundo problema do encontro. Para sua resolução foram disponibilizados os seguintes objetos:

- Um pedaço de cano plástico de 100 mm (1,5 m);
- Dois joelhos de plástico de 100 mm;
- Dois espelhos planos (9,0 cm x 8,2 cm).

Foi proposto o seguinte problema:

– Como fazer para dar uma espiada pela janela (que é alta) sem ter que subir na classe, utilizando um cano, dois joelhos e espelhos que estão colados no interior dos joelhos?

Entreguei os objetos e fiquei observando como os alunos agiam sobre. Um dos grupos montou rapidamente o periscópio, entretanto os joelhos ficaram apontando para o mesmo lado, o que permitiria visualizar apenas imagens em suas costas. Os outros manusearam com mais calma os objetos dando uma atenção maior para a combinação dos joelhos.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Aluno utilizando o periscópio para visualizar o pátio.

Após observarem a reação dos objetos, imediatamente solucionaram o problema ao posicionar os espelhos de forma adequada. Foi uma festa, todos fizeram questão de dar aquela espiada pela janela (Figura 34).

Depois de toda a euforia com a utilização dos periscópios, começaram a tomar consciência de como foi produzido o efeito desejado. Foi necessário “guardar” os periscópios, visto que os estudantes não paravam de brincar com eles. Logo fiz a pergunta característica desta etapa:

– *Como vocês fizeram para enxergar o que estava na rua utilizando apenas o cano, os joelhos e os dois espelhos?*

Sinceramente, nem consegui terminar a pergunta, visto que no meio da fala uma aluna já começou a explicar como montou o periscópio. Comecei a investigar através de questionamentos se foi simples solucionar o problema. Os alunos responderam que demoraram um pouco para posicionar os joelhos e, conseqüentemente, os espelhos, de forma adequada. A resposta dos alunos veio a referendar o que eu tinha observado enquanto estes tentavam solucionar o problema.

Uma vez que já sabiam contar como fora a montagem do periscópio, faltava apenas o porquê deste funcionar, ou seja, como era possível enxergar coisas, objetos, que estavam no pátio. Para minha grata surpresa uma das alunas foi até a lousa e fez um desenho que representava o periscópio e como era obtida a imagem com ele, tornando assim a discussão participativa e muito agradável.

Depois solicitei que alunos e alunas fizessem um relato da experiência. Como sempre, faço questão de frisar tal registro era livre. A Figura 35 mostra um destes relatos.

Ao observar o relato da Figura 35, verifica-se que os espelhos foram posicionados e representados adequadamente, entretanto as setas que representam como a imagem chega até o observador estão com o sentido contrário, conflitando com o que o autor escreve logo abaixo. Isso pode indicar a presença de uma concepção alternativa bastante comum que é associar a visão a uma ação dos olhos sobre os objetos, isto é, raios sairiam dos olhos e viajariam até os objetos e isso permitiria enxergá-los. Bem diferente é a explicação cientificamente aceita, que envolve a movimentação dos raios de luz, que são emitidos pelas fontes luminosas, refletidos pelos objetos, viajam pelo espaço, são refletidos pelos espelhos e, finalmente, atingem os olhos, que apenas os recebem e processam.

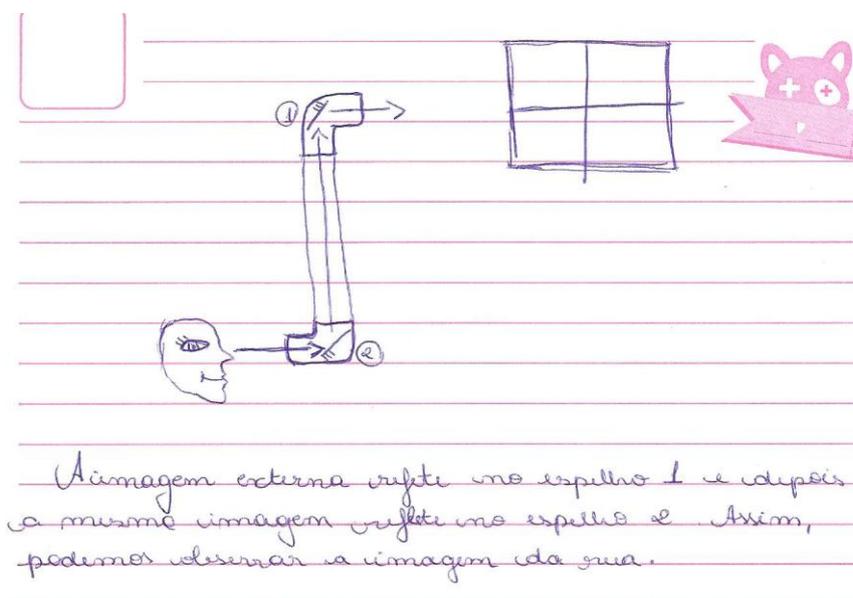


Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - Imagem da etapa escrevendo e desenhando.

Ainda durante o encontro foi possível verificar se o aluno tinha esta concepção alternativa descrita anteriormente, através de um questionamento direto por parte do professor; o aluno apenas informou tinha posicionado as setas com sentido errado.

Embora em meu texto a respeito deste segundo problema tenha utilizado muito a palavra periscópio, só a utilizei com os discentes quando chegamos à última etapa, em que se relaciona o conteúdo tratado com o cotidiano.

5.2.9 Nono Encontro

Este encontro foi o único realizado no turno da noite, no dia 8 de maio de 2015, das 19 horas às 23 horas. Mesmo sendo uma sexta-feira, a participação foi alta, pois 14 dos 18 inscritos estiveram presentes. O motivo de optar por trabalhar à noite foi devido à natureza dos problemas que seriam propostos neste encontro, em que trabalhamos com sombras.

Comecei separando a turma em três grupos e, após estarem organizados, distribuí os seguintes objetos:

- Um espelho plano (13 cm x 18 cm);
- Uma bola de isopor grande;
- Uma fonte de luz (tipo datashow, retroprojektor, lanterna);
- Um espetinho de churrasco (madeira).

Os objetos serviriam para solucionar o seguinte problema:

– Como poderemos iluminar a parte da frente e de trás da bola de isopor ao mesmo tempo?

Logo em seguida, os alunos passaram a manusear os objetos. Puderam observar as reações, aproximando e afastando a bola de isopor da fonte de luz, fixando o espetinho de churrasco no isopor e colocando o espelho em distintas posições para produzir reflexões.

Quando começaram a tentar produzir o efeito desejado, isto é, iluminar a parte da frente e de trás da bola, um dos discentes comentou que este problema era o mesmo proposto no encontro anterior, contudo sem o anteparo entre a fonte de luz e o objeto a ser iluminado.

Diante desta afirmação, passamos à etapa posterior de tomada de consciência de como o efeito foi atingido. Como sempre, nesta etapa os alunos contaram como foi obtida a solução do problema.

Na etapa seguinte era o momento de dar explicações causais sobre o fenômeno observado. Novamente o discente que comentou que este problema parecia muito com o do encontro passado, começou a explicar o porquê da obtenção da solução. Fiquei orgulhoso com a contribuição deste aluno, pois, além de demonstrar seus conhecimentos, propiciou que outros estudantes tentassem fazer suas relações.

Devo tornar público que não foi minha intenção propor um problema que servisse para investigar o que foi estudado anteriormente, na realidade estava de certa forma “preparando” para o que viria a seguir (próximo problema). Como os argumentos apresentados pelos alunos foram corretos, acabei pulando as etapas de escrever e/ou desenhar e relacionar atividade e cotidiano, indo diretamente para o segundo problema.

Aproveitando que os alunos estavam em grupo, propus o segundo problema:

– *Como fazer para que a sombra da bolinha pequena cubra ou envolva a bola grande?*

Para resolver este problema, foi necessário, além dos objetos que os grupos já tinham, acrescentar a bolinha pequena de isopor e mais um espetinho, além de retirar o espelho plano.

Passaram então a agir sobre os objetos, aproximando e afastando a bolinha pequena da fonte. Ao aproximar e afastar, já perceberam como poderiam solucionar o problema e o resolveram de forma muito simples e rápida.

Para começar a discussão, os alunos sentaram em roda e perguntei:

– *Como vocês fizeram para a sombra da bolinha pequena cobrir a bola grande?*

Os alunos relataram, de forma entusiasmada, que aproximaram o máximo a bolinha de isopor pequena da fonte de luz de maneira que obtiveram sombra grande e colocaram a bola grande nesta sombra.

Para dar início à etapa das explicações causais, questionei:

– *Por que, para conseguir cobrir a bola grande, vocês tiveram de aproximar a bolinha pequena ao máximo da fonte de luz?*

Neste instante apareceram muitas explicações alternativas e tive o máximo de atenção para ir trabalhando estas concepções até atingir uma aceita cientificamente.

Os estudantes organizaram seus relatos da experiência através de pequenos textos e/ou desenhos. Quando chegamos à fase de relacionar atividades e cotidiano, os alunos falaram muito das fases da lua e dos eclipses.

Fiquei muito empolgado com as discussões, chegando a cogitar a possibilidade de trabalharmos as fases da lua e os eclipses com os materiais que tínhamos à disposição naquele momento. Os alunos prontamente aceitaram. Então ministrei uma minúscula oficina sobre esses fenômenos, contudo não irei detalhar esta oficina agora; ela será anexada junto ao material de apoio aos professores que foi “criando vida” durante estes encontros.

Depois destes dois problemas resolvidos e de concluídas todas as etapas que constituem a metodologia construtivista e, ainda, da minioficina de Astronomia, faltava resolver o último problema da noite:

– *Como construir sombras coloridas com o material que tínhamos disponível?*

Entretanto, como precisava organizar o material (luminárias, cartolina e obstáculo), propus um intervalo de quinze minutos. Enquanto os alunos descansavam um pouco, organizei os objetos de modo a ser possível obter as sombras coloridas. Fixei as luminárias em uma única carteira, posicionei o anteparo em um ponto onde fosse possível obter a sombra individual de cada fonte de luz, por fim preendi uma cartolina branca na lousa em frente às luminárias (Figura 36).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - **Objetos organizados para a obtenção das sombras coloridas.**

O material disponibilizado aos alunos foi o seguinte:

- Três luminárias;
- Lâmpadas de led 2,2 W – 220 V, nas cores vermelha, verde e azul;
- Cartolina branca;
- Lápis nas cores vermelha, verde e azul.

No final do intervalo, o arranjo experimental já estava devidamente organizado. Os alunos trabalharam em um grande grupo devido ao fato de não termos kits para três grupos.

A obtenção das sombras coloridas foi de certa forma orientada. Primeiro solicitei que ligassem a lâmpada de uma das luminárias e marcassem na cartolina sua sombra com determinado lápis de cor. Depois desligavam esta lâmpada e ligavam a próxima. Seguiram os mesmos passos anteriores, até construírem as três sombras individuais na cartolina (Figura 37). Pedi que observassem atentamente as marcas feitas na cartolina e depois propus o problema das sombras coloridas.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Delimitação das sombras com o lápis de cor correspondente. No centro, a região de intersecção das sombras.

Os estudantes começaram a ligar e desligar lâmpadas até atingir o efeito desejado. Quando as sombras apareceram, vibraram como uma criança que acabou de ganhar um presente novo. Essa algazarra durou bastante tempo. Esperei pacientemente que todos registrassem o momento com as câmeras de seus celulares (Figura 38).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Uma imagem com sombras coloridas registradas pelos alunos.

Na etapa de tomar consciência de como foi produzido o efeito desejado, os alunos, como sempre, não tiveram problemas para descrever suas ações; contudo, quando chegamos à etapa de dar explicações causais, tudo ficou mais complicado. Percebi que realmente aqueles estudantes não conheciam a Teoria Tricromática de Young-Helmholtz. Foi a primeira vez que utilizei nos encontros uma apresentação em *PowerPoint* com o intuito de apresentar uma teoria que os alunos desconheciam.

Também utilizei as sombras registradas na cartolina para ajudar na explanação da Teoria Tricromática.

Enquanto tentava explicar esta teoria, os alunos registravam os pontos interessantes e, durante a apresentação, relações com o cotidiano foram sendo discutidas. Assim, encerramos nosso penúltimo encontro.

5.2.10 Décimo Encontro

O último encontro aconteceu no dia 16 de maio de 2015, contou com a participação de 15 alunos e foi composto por três momentos:

1º Momento: Tomamos um delicioso café da manhã que foi oferecido pelos alunos e alunas (Figura 39);



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunos e alunas tomando um excelente café da manhã.

2º Momento: Um grupo ficou responsável por propor um problema para ser resolvido pelo restante dos colegas, bem como fornecer os objetos que possibilitassem resolver tal problema. O seguinte problema foi lançado:

– *Como curvar um feixe de luz?*

Para tanto utilizaram o projetor multimídia, organizaram uma apresentação no formato *PowerPoint*, composta por cinco slides (ver Anexo B). O primeiro slide continha o título. O segundo slide trazia a situação-problema. O terceiro, a lista de materiais disponibilizados (uma garrafa pet, um canudo fino, água, laser). Já no quarto

slide foram propostas duas questões para reflexão. O último slide trazia um vídeo feito em casa da solução do problema.

Faz-se necessário informar que os slides não foram apresentados todos de uma vez. Inicialmente apresentaram do 1 até o 3, depois de o problema ser resolvido apresentaram o slide 4 e só depois das discussões é que foi apresentado o slide número 5.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Aluna propondo o problema para a turma.

Depois de proporem o problema (Figura 40), as outras integrantes do grupo mostram o material disponibilizado para solucionar o problema (Figura 41).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunas mostrando o material disponibilizado para solucionar o problema.

Como acontecera em outras oportunidades, a turma foi dividida em grupos, os materiais foram entregues e as futuras professoras ficaram observando os colegas

passarem por todas as etapas de construção do conhecimento que já estavam familiarizadas.

Não foi simples chegarem à solução do problema. As meninas do grupo que propôs o problema a todo o momento tentavam auxiliar os colegas, contudo não podiam dizer como fazer. Note, na Figura 42, que uma das meninas tenta posicionar o feixe do laser, caracterizando a dificuldade apontada anteriormente.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Aluna posicionando o laser vermelho na tentativa de obter a solução do problema.

Depois de muito tentar, um dos grupos conseguiu obter o efeito desejado e foi possível registrar tal momento (Figura 43).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Aluno obtendo o efeito desejado.

Depois de o problema ser solucionado, recolheram os materiais junto aos grupos e pediram que fosse formado um grande grupo para o desenvolvimento das próximas

etapas. Os colegas contaram como produziram o efeito desejado. Como já venho salientando em todos os encontros, esta etapa é cumprida sem maiores problemas.

Para minha surpresa, quando chegaram à etapa das explicações causais, o grupo que estava orientando a atividade voltou a utilizar a apresentação em *PowerPoint* propondo duas questões para reflexão:

– *A luz se propaga em linha reta?*

– *Por que o feixe de luz acompanhou o filete de água?*

A partir das questões propostas para reflexão, as alunas deram prosseguimento às atividades. Acompanhei as discussões e só participei quando não surgiam respostas adequadas para as dúvidas.

Para encerrar as atividades, as discentes mostraram um vídeo caseiro onde conseguiram registrar a solução do problema e também comentaram um pouco sobre fibra óptica.

3º Momento: Este momento ficou sob minha responsabilidade. Selecionei uma pequena ilusão, ou seja, um truque. “Um show circense que teve origem no início do século XIX e que consistia na exposição em um circo de horrores de uma mulher portadora de hipertricose, uma doença que faz crescer pelos por todo o corpo. Com a morte desta mulher, foi montado um espetáculo, em que uma mulher era transmutada em um gorila. Na verdade constava de um truque de mudança na iluminação de dois ambientes que são separados por uma parede de vidro.” (ÁVILA; SCHROEDER, 2015).

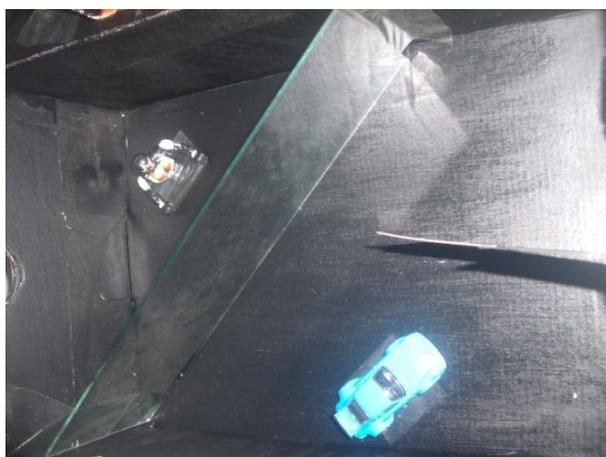


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Caixa preta com o boneco, o vidro liso e o carrinho.

Adapte a história substituindo a mulher e o gorila por um carrinho e um bonequinho. Além disso, as dimensões envolvidas também diminuíram, pois trabalhei com uma caixa de sapato, mostrada na Figura 44.

Diferente dos outros encontros, em que sempre comecei com um problema e segui as etapas previstas, tentei uma abordagem um pouco diferente.

Coloquei a caixa preta sobre a mesa e solicitei que um a um olhassem pelo orifício da caixa (Figura 45) e dissessem o que lá enxergavam (carrinho ou bonequinho). É claro que a cada novo aluno, eu mudava a intensidade da iluminação sobre os objetos. O resultado ficou muito engraçado, pois o primeiro aluno afirmou enxergar um carrinho; o segundo, um bonequinho; o terceiro, um carrinho...

Depois de várias observações (inclusive chegaram a registrar no quadro quantos viram um carrinho e quantos viram um bonequinho), abri a caixa e ficamos um bom tempo discutindo a respeito de como o truque era obtido. Conversamos sobre luz, diferentes tipos de fontes de luz, reflexão e refração da luz.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Estudantes em volta da caixa esperando sua vez de observar.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. – Encerramento do curso de capacitação com alunas/os e professor ao centro.

Antes de encerrar o décimo encontro e, portanto a minha intervenção, solicitei que alunos e alunas respondessem o terceiro e último questionário a respeito dos encontros de formação (Apêndice C). Para finalizar, agradei a participação, dedicação,

assiduidade e paciência de todos. A Figura 46 mostra o encerramento do curso de capacitação.

CAPÍTULO 6

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo irei apresentar e discutir os resultados obtidos na capacitação de discentes do curso de Pedagogia da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Unidade Bagé, que tinha como objetivo investigar a aplicação de práticas construtivistas no ensino de Eletromagnetismo e Óptica. Inicialmente esta investigação destinava-se a um público mais diversificado e abrangente (docentes dos anos iniciais do ensino fundamental e discentes do curso de Pedagogia), contudo por motivos já listados no corpo desta dissertação, somente os discentes participaram.

A avaliação foi feita de duas formas:

- Através de dois questionários (Apêndices B e C) aplicados junto aos discentes em dois encontros (5º e 10º) – na realidade apliquei três questionários, entretanto o primeiro (Apêndice A) serviu apenas para conhecer os alunos e alunas;
- Observação da participação de alunos e alunas nos encontros.

6.1 Avaliação dos Resultados Através dos Questionários

Esta avaliação foi feita utilizando dois questionários preenchidos individualmente. As(os) discentes serão identificadas através da numeração D1, D2, ..., D18. Esta numeração não segue uma ordem do tipo alfabética, ou qualquer ordem lógica, é totalmente arbitrária. Nos dois encontros em que apliquei os questionários estavam presentes 15 discentes, entretanto não eram os mesmos no 5º e no 10º encontro. Para facilitar o controle, os 15 que compareceram ao 5º encontro foram identificados como D1 até D15. No 10º encontro D3 e D9 não comparecem, mas estavam presentes D16 e D17. Apenas D18 faltou aos dois encontros.

As respostas serão registradas na íntegra, pois desta forma ficará claro a posição dos participantes da investigação.

6.1.1 Perguntas Parciais

a) Conhecias a metodologia construtivista aplicada ao ensino de Ciências?

É fácil de notar pelas respostas que mais de 70% dos estudantes não conheciam a metodologia construtivista aplicada ao ensino de Ciências. Este percentual pode ser maior, visto que a resposta de D5 não é clara.

D1: Não.

D2: Não.

D3: Não, mas achei muito interessante.

D4: Não.

D5: O conhecimento que tenho é baseado no Magistério.

D6: Aplicada não.

D7: Não conhecia.

D8: Sim, porém um prévio conhecimento.

D9: Não.

D10: Não.

D11: Não, mas quando estudei fazíamos algumas experiências.

D12: Não.

D13: Sim.

D14: Sim, porém raros professores aplicavam a mesma.

D15: Não.

b) Nos nossos encontros da capacitação, sempre começamos por um problema. Lá no começo (1º e 2º encontros) o que dirias a respeito desta proposta? E hoje? Por favor, justifique.

Em síntese, no começo alguns acharam difícil, outros não tinham ideia do que se tratava, outras acreditavam que a nova proposta era importante e uma a classificou como trabalhosa (concordo), entretanto hoje todos reconhecem sua importância.

D1: Achava difícil, mas logo entendi, hoje acho uma excelente metodologia.

D2: No início não sabia muito bem do que se tratava o construtivismo, porém à medida que fomos avançando e percebendo os resultados que podemos obter deste tipo de aula, gostei muito e pretendo aplicar futuramente; sugerindo um problema aguçamos ainda mais a curiosidade e a necessidade de resolvê-lo.

D3: Achava uma proposta diferenciada, mas que seria necessária para que pudéssemos chegar a uma conclusão, logo após a prática do mesmo. Hoje acredito que se faça mais necessário devido à sua importância, pois só nos motiva a resolvê-lo.

D4: Sempre é válido um novo conhecimento. A cada encontro nosso conhecimento se amplia e ter uma proposta para investigar o novo sempre é válida.

D5: Acredito que a questão do problema tem tudo a ver com essa proposta construtivista, pois parte do saber, das dúvidas dos próprios alunos, para assim construir uma resposta.

D6: Trabalhosa. Demanda muito tempo do professor. Hoje penso que apesar de demandar tempo é uma experiência maravilhosa para os alunos, é importante para a aprendizagem. Tenho certeza que as experiências serão lembradas por muito tempo.

D7: No começo sempre é mais difícil, o que muda com o decorrer do tempo, porque já acostumamos com as abordagens práticas, para solucionar os problemas.

D8: O contato direto com o conhecimento prévio e os experimentos, aliados às diversas explicações com base nos resultados surgiram inúmeras ideias de como trabalhar de diversas formas um simples conteúdo que parece às vezes tão complexo. Os experimentos hoje fazem ter um olhar totalmente diferente de antes.

D9: O experimento abordado foi facilmente resolvido, porém bastava breve entendimento sobre o tema em questão.

D10: No começo parecia um mistério, mas agora estou gostando, entendendo as atividades.

D11: Acho muito interessante, pois somos instigados à resolução do problema.

D12: No início, um desafio. Agora, um jeito de fazer a criança buscar o conhecimento.

D13: Sempre achei uma proposta muito boa, pois nós temos que solucionar o problema, através de muitas tentativas e isso nos proporciona uma melhor aprendizagem.

D14: Uma proposta bastante importante, pois com o problema proposto somos instigados a trocar conhecimentos para poder solucioná-los.

D15: Sempre achei que todas as aulas deveriam começar assim. Questionar, pensar, procurar a resposta para depois chegar à resposta.

c) Este projeto de extensão acrescentou algo para o exercício de tua profissão? O quê?

Todos os alunos admitiram que o projeto contribuiu, todavia o que realmente percebi é que, embora a capacitação seja voltada para estudantes adultos, estes acreditam que pode ser adaptada para os anos iniciais, ou seja, fazendo a famosa transposição didática e, mais, um dos alunos que estava na época estagiando aplicou a metodologia em aula. Além disso, apareceram as palavras: divertido, gostarem de estudar ciências, uma nova metodologia, ...

D1: Sim. Uma nova metodologia.

D2: Acredito que sim, pois para mim foi uma proposta que nos colocou no lugar das crianças que pretendemos ensinar e vimos o quanto pode ser divertido tratar de assuntos sérios através dos problemas propostos e que tanto para nós adultos quanto para as crianças fica em nossa memória.

D3: Sim, diversos conhecimentos, alguns até vindo a me surpreender.

D4: Sim, o conhecimento adquirido durante o curso e as práticas para uma nova metodologia de ciências.

D5: Este projeto reforçou a certeza de que é possível, com dedicação e interesse proporcionar aulas interessantes aos nossos alunos.

D6: Sim. Possibilidade de planejar aulas, metodologia, trabalho com projeto, interdisciplinaridade entre outros.

D7: Sim, a diversidade de aulas práticas, aproveitando objetos de pouco custo e de fácil manuseio.

D8: Sem dúvida, a forma como aplicar o conteúdo de forma prática, simples, organizada e a construção do conhecimento incomparável, abriram várias visões da forma de trabalhar diversos conteúdos.

D9: Olha, sou professor e bailarino, porém este curso fez com que eu aprendesse mais com relação a ciências e pudesse aplicar com os educandos em pleno estágio nos anos iniciais.

D10: Sim, usaria alguma das atividades para trabalhar com os alunos.

D11: Sim, contribuiu bastante, além de nos dar alguns subsídios e ideias criativas, foi de grande importância para meu currículo.

D12: Sim, uma forma de fazer os alunos gostarem de estudar ciências.

D13: Sim, usar coisas simples do nosso cotidiano, para ensinar as crianças.

D14: Sim, formas mais práticas e demonstrativas para apresentação e trabalho do conteúdo com a turma.

D15: Sim, acrescentou na minha criatividade e curiosidade como aluna e como professora.

d) Esta capacitação que estás participando, fundamentada em práticas construtivistas, te assusta ou te dá coragem? Por favor, justifique.

Aproximadamente 75% dos alunos acreditam estar corajosos com este tipo de metodologia, inclusive para adotá-la em sala de aula, pois se identificam nestas características que julgam ser fundamentais para a aprendizagem; já o restante dos estudantes confessa ter um pouco de medo, pois este tipo de metodologia requer um professor que esteja pronto para dialogar com seus alunos de forma que possibilite construir o conhecimento, sendo assim este precisa um conhecimento considerável, ou seja, deve saber realmente o que vai tentar ensinar.

D1: Coragem, pois aprendi que é a melhor maneira de ensinar as crianças, eu estou construindo desta forma, imagina as crianças.

D2: Assusta um pouco, pois tens que ter pleno domínio da atividade para que não saia do controle, mas também acredito ser bom o fato de desafiar nossa suposta experiência desenvolvendo assim a troca de saberes com a turma.

D3: Em alguns aspectos me assusta por talvez não me sentir preparada a levantar certos questionamentos, deixando assim os alunos inquietos de respostas.

D4: Encoraja, porque constatamos que as práticas dão maior segurança para desenvolver as aulas.

D5: Não me assusta, muito pelo contrário, me dá esperança em saber que realmente é possível mudar nossas práticas, renovando as possibilidades do nosso ensino.

D6: Motiva a tentar; uma das maiores dificuldades encontradas nos estágios é o domínio de turma, as atividades participativas geram movimento entre os alunos que pode ser considerado falta de domínio.

D7: Toda a proposta depende primeiramente do querer e do comprometimento de quem está propondo, assim como todo o experimento nem sempre consegue o êxito esperado, é algo que devemos estar previamente preparados.

D8: Aprendi muito durante todos os encontros, aliado ao meu conhecimento prévio às explicações de colegas e professor, questionamentos, me proporcionou uma grande coragem diante as diversas formas de construir o conhecimento.

D9: Não me assusta, pois devemos ser corajosos e instigar nossos alunos a pensar sobre o que está sendo apresentado.

D10: Daria coragem, porque muitas vezes precisamos de algo que nos incentive.

D11: Dá coragem, porque é possível de trabalhar, requer mais conhecimento e domínio sobre a turma, mas é muito agradável participar de aulas neste segmento.

D12: Coragem, porque ajuda a entender melhor os assuntos estudados.

D13: Me dá coragem, pois é uma maneira fácil de ensinar e também aprender.

D14: Acredito que dê coragem, pois nos tornamos mais seguros e dominantes destes conteúdos.

D15: Me dá coragem. Acho que o aprendizado com crianças passivas, submissas, não ensina ninguém. Crianças precisam experimentar, fazer, “ver para crer”. Só assim haverá aprendizado.

e) Este formato de capacitação, que leva em consideração aspectos construtivistas, serve para (re)construirmos o conhecimento? Não te esqueças de justificar.

A totalidade das respostas referenda a metodologia construtivista no ensino de ciências, mas não apenas com um simples “sim”. Verifica-se nas respostas traços fortes desta metodologia como em D1, D2, D5, D7, D9, D14 e D15.

D1: Sim, pois entendemos muito mais que receber tudo pronto.

D2: Sim, pela troca que existe entre professor e aluno, pela significação de alguns conceitos, por não aceitar somente o escrito e sim comprovar.

D3: Sim, pois somos muito “carentes” deste tipo de construção.

D4: Sim, porque nos chama a atenção para outras formas de passar o conhecimento já adquirido e reaprender algo que já sabíamos.

D5: Com certeza, pois percebemos a abrangência que as experiências nos proporcionam, partindo do nosso conhecimento e chegando a uma explicação científica.

D6: Reconstrói na medida em que o educando parte da prática para a teoria. Acredito que principalmente para as crianças o conhecimento oriundo da prática é melhor assimilado.

D7: Sim, pois o que sabemos pode ir sendo modificado com o que o colega sabe.

D8: Sim, na base dos experimentos e com base na teoria percebemos que em vários momentos após os resultados e discussões nos levaram em diversos momentos a construir e reconstruir o nosso pensamento com base nas explicações.

D9: Sim, creio que não estamos completos como seres únicos apropriados do saber, mas este conhecimento é constituído a cada momento em que nos é ofertado, no caso específico as etapas após a resolução dos problemas.

D10: Sim, porque aprendemos a aprender de outro modo.

D11: Sim, nada melhor que manipular na busca de respostas e, a partir disto possamos construir o conhecimento.

D12: Sim, porque nos ajuda a entender melhor na prática como funciona a teoria.

D13: Sim, nos faz ver além da teoria.

D14: Sem dúvida sim, pois o aluno praticando na busca de respostas, vendo o que está estudando, assimila melhor o conteúdo.

D15: Tudo o que se aprende de verdade é por meio do próprio questionamento e das próprias mãos. Quando o aluno faz experiências, gera perguntas em sua cabeça e, naturalmente, vai buscar respostas. Esse caminho do questionamento até a resposta não será esquecido pelo cérebro, é essa a maneira construtivista de dar aula, faz com que o aluno realmente aprenda e não apenas absorva conhecimento como uma esponja.

f) Neste tipo de abordagem, aquilo que o estudante já sabe é levado em consideração? Por gentileza, justifique.

Os alunos estavam apenas na metade da formação e já percebiam e afirmavam que esta metodologia considera o que o estudante já sabe, construindo ou reconstruindo a partir de um ponto e não do zero como no ensino tradicional.

D1: Sim, pois aluno sempre dá sua opinião.

D2: Sim, porque a partir deste conhecimento teremos outras formas de rever o assunto.

D3: Sim, pois os alunos sempre trazem consigo “uma bagagem” e esta não pode ser desconsiderada.

D4: Sim, porque como já acreditamos conhecer, faremos primeiro da nossa forma, para depois comparar formas diferentes.

D5: Com certeza, pois no momento que você julga seu aluno ser capaz de resolver um problema, é porque algo ele tem, ele sabe.

D6: Na busca pela solução dos problemas com mínima intervenção do professor e nas respostas possíveis pelo educando, considerando muito o seu conhecimento prévio.

D7: Sim, tudo que o estudante traz consigo deve ser valorizado, isto fica claro quando ele tenta resolver os problemas e explicá-los.

D8: Sim. O conhecimento prévio é a chave desencadeadora para melhor compreensão da prática.

D9: Claro o educador parte do conhecimento prévio que o aluno traz consigo, propondo a abordagem prática.

D10: Devemos, conforme esta metodologia, sempre levar em consideração o conhecimento do aluno, porque ele traz algo de suas características, cultura, localidade.

D11: Sim, como já foi dito muitas vezes o aluno não é uma tábula rasa, onde não sabe nada, ele sempre tem algo a dizer, a acrescentar, algum conhecimento a favorecer nesta construção.

D12: Sim, porque às vezes ele sabe como algo acontece, mas não sabe o porquê.

D13: Sim, pois cada aluno tem seu conhecimento sobre o assunto, nós apenas aperfeiçoamos a resposta.

D14: Claro que sim, todo o conhecimento trazido de casa, de suas experiências de vida, é conhecimento que é compartilhado no trabalho em grupo, na resolução do problema.

D15: Sim, a explicação, o problema deve ser começado com o conhecimento do estudante e depois compartilhado com os colegas e se for necessário aprimorado pelo professor.

g) O que pensa a respeito das atividades serem sempre feitas em grupo?

Dos 15 alunos respondentes, apenas um julga ser impróprio o trabalho em grupo, alegando que alguns integrantes do grupo ficam sem possibilidade de manusear os objetos e, portanto, ficando impossibilitados de testar novas

soluções. Realmente esta cena descrita anteriormente é verificada na prática, se o professor que propõe tal metodologia não passar entre os grupos verificando o andamento das atividades. Neste tipo de metodologia construtivista para o ensino de Ciências, o papel do professor é importantíssimo, pois este não pode permitir, ou melhor, aceitar que isto ocorra. Além do mais, ele precisa passar entre os grupos para verificar se os integrantes entenderam o problema, se estão conversando e discutindo a respeito do problema, entre outras coisas.

D1: Boas.

D2: As torna mais agradáveis justamente pela troca de experiências.

D3: Importante, pois assim há uma troca de experiências.

D4: Um só pensa bem, um grupo pode pensar bem melhor de formas diferentes.

D5: Gosto muito, porque acredito que juntos sempre podemos aprender mais com a experiência dos colegas.

D6: Impróprias, pois alguns alunos não conseguem chegar perto do experimento. O ensino-aprendizagem nem sempre acontece no coletivo. Alguns alunos não têm a oportunidade de tentar novas alternativas.

D7: Depende da turma, mas em geral são boas, socializam-se as ideias.

D8: A proposta em grupo acredito ser a melhor forma metodológica da construção do pensamento, o conhecimento do outro gera a transformação.

D9: Trabalhar em grupo considera-se a melhor opção possível para essa metodologia, para que assim ocorra uma interação e integração satisfatória de conhecimentos.

D10: Porque desse modo fica mais fácil, a percepção será construída em grupo.

D11: Muito bom, a interação com os colegas nos motiva a buscar mais.

D12: Bom.

D13: Acho muito bom, pois cada um acrescenta seus conhecimentos a respeito do assunto.

D14: Facilita muito mais no momento de troca de ideias e experiências, pois todos juntos se ajudam e compartilham opiniões.

D15: Acho primordial o diálogo em grupo, faz gerar mais problemáticas, mais perguntas e mais variadas explicações e soluções para o problema.

h) Quando abrimos a discussão para os estudantes contarem como resolveram o problema, é importante escutar todos? Justifique.

Acredito que o fato de todos os alunos destacarem a importância de escutar um por um, vem ainda mais referendar uma das etapas da nossa metodologia: *tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado*, pois nesta todos têm a oportunidade de contar da sua maneira como solucionaram o problema ou o que fizeram para resolver o problema.

D1: Sim, pois cada um tem um método de resolver o problema.

D2: Sim, pois todo mundo gosta de ser ouvido e expor a impressão que teve sobre a prática.

D3: Sim, mesmo que haja repetições de falas, eles estarão se expressando a respeito de sua solução do problema, demonstrando um certo conhecimento a respeito do assunto proposto.

D4: Sim, apesar de muitas respostas serem iguais, a forma como cada um chegou a elas é diferente, cada pessoa é única e sua forma de pensar também.

D5: Com certeza, pois sua socialização valoriza a construção de cada aluno.

D6: Sim, para que todos se sintam inclusos no processo, alguns alunos podem ter dúvidas ou um entendimento diferente dos outros.

D7: Sim, é a oportunidade do aluno se envolver mais ainda com o trabalho.

D8: Permite aprender com o outro e abre ideias para a construção de novos pensamentos.

D9: Sim, a partir da fala dos alunos nota-se se houve entendimento ou não, pois dando voz aos mesmos estes podem expor suas ideias absolutas, que daqui a pouco podem deixar de ser absolutas.

D10: Sim, porque cada pessoa entende de outra forma, muitas vezes achando soluções de outra maneira.

D11: Sim, incentiva a participação e oportuniza a todos apresentarem suas opiniões e conclusões.

D12: Sim porque pode haver explicações diferentes, além de manter o aluno interessado.

D13: Sim, pois cada um tem o seu ponto de vista a respeito do que foi desenvolvido, independente de estar certo ou errado. Sendo assim, aprendemos mais escutando os colegas.

D14: Como a metodologia é proposta sendo desenvolvida em grupo, dentro do grupo pode-se chegar a um consenso ou não; logo após, podemos escutar grupo por grupo, mas se for com crianças acho que todos vão querer falar.

D15: Certamente, as experiências são feitas para isso. As práticas de aula envolvem todos e nenhum deve ser excluído. O aluno deve perceber que o pensamento e o conhecimento dele tem importância naquele local. Percebendo que ele tem importância, sempre terá vontade de questionar, pensar e participar ativamente das atividades.

6.1.2 Perguntas Finais

Como no decorrer da capacitação os estudantes várias vezes falaram em transposição didática, ou seja, adaptar o conteúdo que está sendo trabalhado num nível superior, para um nível um pouco menor em função do grau de escolaridade, as duas primeiras questões, mesmo que de forma muito superficial, abordam este tema.

a) É possível que um professor dos Anos Iniciais se sinta gratificado ensinando Física?

Todos os alunos pensam que pode ser agradável ensinar Física, mesmo sendo professores dos Anos Iniciais, mas alguns destacam que uma maneira para tornar a prática educacional prazerosa seria trabalhar com uma abordagem construtivista.

D1: Sim, percebemos isto durante o curso.

D2: Sim, sendo da maneira como foi trabalhada na capacitação.

D4: Sim.

D5: Sim, se ele seguir as etapas da capacitação e gostar da maneira que faz.

D6: Sim, com dedicação que o método exige e boa vontade.

D7: Sim, depende da maneira como o professor direciona o seu trabalho.

D8: Sim.

D10: Sim, desde que tenha uma preparação como esta que tivemos.

D11: Sim, na forma na qual aprendemos no curso, sim.

D12: Sim.

D13: Sim.

D14: Sem dúvidas.

D15: Sim, basta entender do assunto e tentar aplicar o que aprendemos na formação.

D16: Sim, a partir do momento em que ele utiliza métodos como este, que o deixa seguro para trabalhar.

D17: Entendo que sim, pois cada aprendizado não é em vão e com métodos práticos as crianças conseguem um maior aprendizado.

b) E os alunos dos Anos Iniciais podem aprender Física de forma agradável?

Para 100% dos discentes os alunos dos Anos Iniciais podem aprender Física de forma agradável, porém poucos explicitam porque isto é possível, ou como esta aprendizagem de forma agradável pode ser atingida. Os que arriscaram justificar fazem conexões entre um ensino agradável e a forma como trabalhamos na capacitação.

D1: Sim.

D2: Sim.

D4: Sim.

D5: Com certeza, principalmente se a aula for conduzida na forma da capacitação.

D6: Sim, podem aprender de forma participativa, quando o aluno faz parte do processo, a aprendizagem é mais significativa.

D7: Sim, todo conteúdo pode ser prazeroso se for aplicado de forma interdisciplinar.

D8: Sim.

D10: Sim.

D11: Sim, pois participam ativamente na construção do conhecimento.

D12: Sim.

D13: Sim.

D14: Claro, sem dúvida, desde que siga o enfoque da capacitação.

D15: Sim, fazendo experiências interessantes.

D16: Sim, desde que o professor utilize materiais e métodos em que o aluno consiga falar e relacionar o conteúdo com a prática e a realidade.

D17: Sim, desde que os métodos sejam práticos e que não sejam cansativos e que tenham a participação dos alunos.

c) Nesta capacitação com metodologia construtivista foi agradável estudar Física?

Fico feliz, e até mesmo realizado, ao ler as respostas e verificar que para os estudantes estudar Física não foi nada massacrante, pelo contrário foi gratificante e, além disso, novamente associaram a aprendizagem agradável à metodologia empregada.

D1: Foi com certeza.

D2: Muito agradável.

D4: Sim e muito.

D5: Foi muito interessante.

D6: Foi muito agradável.

D7: Sim, bastante.

D8: Sim, as aulas foram maravilhosas, com muitos debates, subsídios e prática experimental.

D10: Muito interessante.

D11: Com certeza, a aprendizagem fica mais interessante.

D12: Sim.

D13: Sim.

D14: Muito fácil a compreensão e o aprendizado.

D15: Sim, é bem melhor entender por meio de resolução de problemas, através de experiências.

D16: Sim, o método facilita o entendimento do que é proposto.

D17: Sim, aprendi muito e alguns trabalhos (assuntos) irei repassar para meus alunos durante meu estágio e na minha prática como educadora.

d) Acredita que este tipo de capacitação com enfoque construtivista ajuda na (re)construção dos conhecimentos de Física dos professores? Por favor, justifique.

Mais uma vez, a metodologia construtivista mostra-se eficiente (pelo menos com esse grupo de discentes). Os alunos identificam que problemas, experiências para sua resolução, associados ao conhecimento prévio, são um ótimo caminho.

D1: Sim, muito, até mostra que podemos ensinar os nossos pequenos.

D2: Sim, por ser uma forma prática, a meu ver é mais agradável e com muito mais fixação.

D4: Sim, novas formas percebem novos saberes.

D5: Sim. Porque os professores terão a oportunidade de se reconstruírem, mesmo porque em nossa formação, no meu caso, nunca tinha tido esse olhar para a Física. Esse curso trouxe a possibilidade de ver a abordagem da Física através de métodos interessantes que conquistam o aluno.

D6: Ajuda muito, porque ver a teoria conciliada à prática é espetacular. Porém a maioria dos conteúdos de ensino fundamental eu nem sabia que sabia alguma coisa.

D7: Sim, porque os professores devem focar nas diversas possibilidades do ensinar e do aprender, como mediadores do conhecimento.

D8: Sim. A construção comprova a teoria, se há boas explicações; a prática ajuda na compreensão.

D10: Sim, o professor fica mais seguro para trabalhar.

D11: Sim, acredito que sim, pois professores formados no magistério têm pouco embasamento nesta área.

D12: Sim, porque chama a atenção dos alunos.

D13: Sim, pois a maioria das vezes os professores não gostam de trabalhar o conteúdo que envolve Física, acham muito complicado, se torna mais fácil e prazeroso.

D14: Sim, pois os mesmos aprendem formas dinâmicas e práticas de aprender e ensinar.

D15: Sim, por meio de problemas e experiências é possível (re)construir o conhecimento dos professores, tornando mais agradável o ensino.

D16: Penso que sim, pois contribui para que o professor se apodere de diferentes métodos de ensino, podendo explicar o mesmo conteúdo de diversas formas e atendendo a necessidade de todos os alunos.

D17: Sim acredito, pois cada ser humano tem um pouco de conhecimento e este conhecimento prévio deve ser passado de um para o outro, acredito que desta maneira a construção do conhecimento seja positiva.

e) Alguma coisa mudou em “tuas certezas” durante a realização da capacitação? Alguma coisa ficou mais “forte” ainda?

Verifiquei que muita coisa mudou nas concepções dos alunos. A primeira é de que Física não parece mais ser tão horrível. A metodologia construtivista no ensino de Ciências é possível. Entretanto algo foi reforçado. Utilizar, isto é, adotar tal metodologia requer muita dedicação.

D1: Mudou, sim, mostrou que se nos empenharmos, conseguimos desenvolver nosso trabalho e ensinar os nossos alunos de maneira que eles nunca se esqueçam.

D2: Como em minha formação este conteúdo foi passado de forma muito teórica e de difícil compreensão, na capacitação tive mais facilidade de assimilar, pois com a prática podes experimentar e tirar as dúvidas no mesmo momento, ou seja, reforçou a minha ideia de que a teoria é importante, mas com a união de prática e teoria aprendemos melhor.

D4: Mudou, é possível ensinar de forma diferente. Sempre achei que poderia aprender Física sem usar tanto a Matemática, isto eu reforcei.

D5: O enfoque construtivista sempre me encantou e hoje, após este curso, vejo que o mesmo é possível de ser implantado, antes achava ser impossível. O que ficou mais forte ainda é que exige muita preparação e dedicação.

D6: Algumas estão abaladas, penso que os graduandos ainda não formaram suas concepções, principalmente quem não fez magistério.

D7: Percebe-se com mais clareza que aprender significa estar receptivo a novas propostas que vão muito além de um livro didático, ou um texto em um polígrafo. Esse tipo de trabalho também aproxima mais as pessoas para a troca de ideias e sempre pensei assim. Na minha opinião, a metodologia reforça o que eu pensava.

D8: Várias mudaram. As teorias antes vistas como algo impossível de compreender, com o curso ajudou a acreditar que nada é impossível se houver boas experiências fundamentada nas teorias. Ficou mais forte a vontade de ensinar nos anos iniciais de forma simples e significativa.

D10: Sim, mudou, antes tinham algumas atividades que achava impossível os alunos fazerem, hoje não acho mais.

D11: Sim, acho que mudou, posso ver a Física com mais carinho e menos temor.

D12: Sim.

D13: Sim.

D14: Sim. Sim.

D15: O que ficou mais forte ainda foi a certeza de que o aprendizado só se realiza se nós experimentarmos, vermos e concluirmos.

D16: Sim. Quando comparados os métodos de ensino na área de Física, o método construtivista se destaca por não usar somente a teoria. Este traz problemas aos alunos e, a partir disso, se pede a solução. É com isso que o professor poderá avaliar os níveis de conhecimento de cada um e, assim, atender às necessidades individuais, jamais achei que isso fosse possível.

D17: Acredito cada vez mais que através do construtivismo conseguimos ter uma aula mais produtiva, onde os alunos irão aprender mais e não somente decorar e, depois de alguns anos, esquecer.

f) Faça tua avaliação do curso de formação.

Mediante as respostas não tem como não ficar satisfeito com o curso que surgiu em virtude de uma necessidade de investigação e, mais, vários discentes afirmam que esta capacitação lhes ajudará quando estes estiverem em sala de aula não mais como alunos e sim como professores.

D1: Ótimo.

D2: Ótimo.

D4: Excelente, adorei trabalhar Física desta forma.

D5: O curso foi encantador e gostaríamos de mais oportunidades desse nível.

D6: Muito bom. Ótimo! Trouxe um novo olhar, mostrou na prática as possibilidades construtivistas de trabalhar conteúdos.

D7: Foi muito bom. Conhecia a metodologia, que é fácil de aplicar e interessante, podendo ser adaptada para os anos iniciais.

D8: O curso foi esplêndido, professor supercapacitado. Quero mais cursos!

D10: Ótimo, pena que foram só 10 encontros, atividades maravilhosas.

D11: O curso foi excelente, em todos os aspectos. Só tenho a parabenizar o professor e que venham outros cursos para nos capacitar ainda mais.

D12: Muito bom, poderíamos ter mais aulas.

D13: O curso foi muito bom, pois aprendemos de maneira divertida, prática e fácil o conteúdo. O método utilizado pelo professor, de mostrar que a Física está presente em nosso cotidiano, é excelente, pois acabamos visualizando teoria e prática.

D14: Foram desenvolvidas práticas extremamente construtivistas e produtivas, que facilitarão muito meu futuro como professor dos anos iniciais, pois agora me sinto mais seguro para explicar conteúdos pelos quais pratiquei e vivenciei em aula. Não havia feito nada parecido ainda com os métodos propostos em aula. Achei muito interessante o curso e de extrema validade para meu futuro. Professor de parabéns e com excelente nível de conhecimento e domínio de classe.

D15: Curso muito bom, me deu vontade de ensinar Ciências – vontade que nunca tive!

D16: O curso foi proveitoso, conheci um método fácil e aplicável com adultos e crianças.

D17: Para mim o curso foi positivo, pois podemos dar aula com material simples e barato e tornar uma aula participativa e com muito aprendizado.

6.2 Observação da Participação de Alunos e Alunas nos Encontros

Quando descrevi detalhadamente os 10 encontros, um a um, já fui realizando os comentários que julgava serem pertinentes.

Agora farei um breve relato, na forma de avaliação dos encontros.

No primeiro e no segundo encontro, os participantes tiveram um pouco de dificuldade em diferenciar duas etapas: *Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado* e *Dando as explicações causais*. Para eles parecia tratar-se da mesma etapa. Na realidade a primeira é a etapa de contar o que fizeram para resolver o problema. Já a segunda é tentar explicar porque deu certo. Situação semelhante a esta ocorreu novamente no 7º encontro, mas desta vez não era incapacidade de diferenciar as etapas e, sim, falta de uma explanação aceita cientificamente que ajudasse a explicar o efeito produzido, ou seja, como os alunos não conseguiam justificar o porquê do efeito, começaram a repetir como tinham conseguido obtê-lo.

Todos os problemas propostos foram solucionados. Entretanto, várias vezes conversei com os grupos, pois verificava que estes não estavam evoluindo. Explicava de novo o problema, uma, duas, quantas vezes fossem necessárias. Outro detalhe, em algumas situações – principalmente nos primeiros encontros um dos grupos conseguia resolver o problema rapidamente e, como ainda não estavam perfeitamente adaptados à dinâmica da aula, começavam com conversas paralelas. Então me dirigia até estes grupos e propunha um novo problema para ser resolvido com o material que já tinham à disposição. Contudo, com o decorrer dos encontros, não verifiquei mais esta situação, pois assim que terminavam de solucionar o problema através da experimentação, já começavam, dentro dos grupos, a discutir sobre as próximas etapas.

Não posso ser demagogo e relatar que tudo foi perfeito, pois realmente não foi. Quando chegávamos à etapa de *dar explicações causais*, minha participação tornava-se indispensável, pois vários alunos traziam explicações causais completamente equivocadas. Sempre houve diálogo entre todos os integrantes, visto que nesta etapa sempre optávamos por fazer um grande grupo onde a participação imperava. Jamais “atirei” uma resposta pronta. Tentava ir elaborando perguntas até os alunos chegarem a uma conclusão aceita cientificamente. Mas há situações que fogem à nossa capacidade. Por exemplo, no primeiro encontro tratamos da eletrização por atrito. Mas, como convencer um(a) aluno(a) que a quantidade de carga após a eletrização fica a mesma em ambos os corpos?

Verifiquei também que os alunos utilizavam tanto desenhos como parte escrita para registrar a experiência e explicar por que “funcionou”, embora na realidade recorressem um pouco mais aos desenhos.

Como eram todos adultos, sempre conseguiam relacionar a atividade e cotidiano.

Finalizando, gostaria de salientar como os discentes divertiam-se na tentativa de solucionar os problemas propostos. Então, quando atingiam a solução, ficavam eufóricos, chegando, em alguns casos, até a gritar, comemorar.

CAPÍTULO 7

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Durante o exercício da minha profissão, constatei que os estudantes do Ensino Médio apresentam grande dificuldade de entender alguns conceitos físicos, entretanto quando estão nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, esta dificuldade parece não estar presente; seria então possível afirmar que no Ensino Fundamental I ocorre a transposição didática e no Ensino médio não ocorre?

Em alguns anos vivenciei algo raro na carreira de um professor, alfabetizar alunos e reencontrá-los novamente como meus alunos no Ensino Médio. Quando voltei ao convívio profissional com estes alunos, ministrava aula de Física. Notei que tais alunos continuavam dispostos a aprender e os conceitos físicos eram trabalhados sem muitos problemas. Tenho um sentimento muito tranquilo – paz interior – de ter sido colega de dois destes alunos no mestrado acadêmico da UFPEL e saber que vários, hoje, são professores de Física, alguns mestres e um cursando o doutorado.

Então, o que se perdeu durante a caminhada, para fazer com que os alunos, ao chegarem ao Ensino Médio, geralmente tenham tanta dificuldade? Na realidade, ao investigar, descobri que nada foi perdido, antes nem começou, ou seja, o que relatei de minha experiência é um fato isolado, um dado que nem apareceria nas estatísticas. Estou querendo dizer que contribui para esse quadro a maioria dos professores que ministram aulas no Ensino Fundamental dificilmente se aventuram a trabalhar com conceitos ou assuntos relacionados à Física.

Eis que surge uma pergunta: por que os professores dos Anos Iniciais não trabalham assuntos referentes à Física, visto que estes se encontram contemplados nos conteúdos de Ciências?

Para Marques (2009, p. 51),

“Isso ocorre, em parte, porque grande parcela dos professores das séries iniciais e dos alunos do curso Normal, futuros professores do Ensino Fundamental, acreditam não possuir a formação adequada e/ou suficiente

para promover o primeiro contato desses alunos com o ensino de Ciências em particular com o ensino de Física.”

Acrescentaria que isso também se aplica a alunos do curso de Pedagogia.

O resultado da minha investigação, que foi positivo, quanto à utilização da metodologia construtivista no ensino de Eletromagnetismo e Óptica para alunos do curso de Pedagogia da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Unidade Bagé, pode ser mais um caminho alternativo para melhorar o quadro atual.

Os alunos que participaram da implementação da metodologia construtivista verificaram que ela contribui muito na construção e na reconstrução dos conhecimentos referentes à Física.

Eu, como investigador, fiquei realizado com os resultados, desde o primeiro encontro, em que foi possível identificar a re(construção) dos conhecimentos de Física. Os alunos participavam ativamente, desde a solução do problema até o momento de relacionar a atividade e o cotidiano.

Só foi possível construir o conhecimento porque os problemas propostos causavam um desequilíbrio nas estruturas mentais dos alunos. Ao resolver os problemas, um começo de assimilação começa a surgir. Entretanto, somente a compreensão de porque tais efeitos foram produzidos permite o estudante chegar à acomodação. Essa análise piagetiana é importante.

Sempre trabalhei em grupo, pois assim foi possível que muitos alunos aproveitassem o conhecimento dos colegas para enriquecer o que já sabiam, ou seja, como cada um tinha um nível de desenvolvimento real bem definido, ou seja, cada licenciando tinha a capacidade fazer determinadas tarefas sozinhas; ao trabalharem em grupo estavam em nível de desenvolvimento potencial; a distância entre estes dois níveis é o que entendemos por ZDP, portanto é equivalente a afirmar que estes estudantes estavam sempre na zona de desenvolvimento proximal.

A obtenção dos bons resultados foi possível porque sempre começamos desafiando os estudantes, ou seja, propúnhamos um problema – interessante e adequado ao estágio mental dos estudantes – para ser resolvido com a manipulação concreta dos objetos. O problema gerava um desequilíbrio.

Os alunos sempre solucionaram os problemas trocando ideias dentro dos grupos, isto também foi indispensável para o êxito da proposta.

A necessidade de o aluno ter que explicar o porquê dos efeitos, a possibilidade de verbalizar e checar suas concepções em vários momentos da aula, a correção de concepções pelos colegas e professor, sempre que estes perceberem divergências ou erros conceituais, foram outros aspectos que contribuíram para o sucesso da metodologia construtivista.

Além destes, também devemos destacar o fato de sempre se explicitar aplicações/relações dos conceitos com o cotidiano dos alunos.

Concluo, mediante os resultados obtidos, que é viável a aplicação de práticas construtivistas (metodologias) no ensino de Eletromagnetismo e Óptica para discentes do curso de Pedagogia e que, se esta metodologia for oportunizada a outros grupos de estudantes, poderemos contribuir para amenizar o quadro atual. Sendo assim, concluirei o mestrado profissional em ensino de física desenvolvendo o texto de apoio para os futuros professores dos Anos Iniciais, assim como para os professores que já estão atuando na rede pública de ensino. Este material versará sobre nove dos dez encontros realizados e trará, além dos problemas propostos, dicas de como resolver tais problemas, materiais alternativos para serem utilizados, textos didáticos, entre outros.

Um ponto forte do meu trabalho e que me levou a propor este material de apoio, foi a vivência concreta de uma metodologia alternativa de modo a viabilizar que os discentes e docentes consigam efetivar a transposição didática. Segundo Alves Filho (2004, p. 50):

“A transposição didática, que transforma o saber sábio em saber a ensinar, é decidida pelos componentes de sua esfera, cuja interação entre seus personagens é de ordem mais política, mais ampla. É entendida como uma transposição externa e segue regras que se estabeleceram com o tempo, de maneira mais rígida. Já a transposição didática que transforma o saber a ensinar em saber ensinado ocorre no próprio ambiente escolar, e pode ser entendida como uma transposição interna. As regras ficam atenuadas devido à proximidade das fontes de pressão, mas estas por sua vez, introduzem outros elementos que servirão de referências para esta transposição.”

Tenho certeza que a repercussão da metodologia foi positiva, visto que a coordenadora do curso de Pedagogia convidou-me a ministrar a cadeira de Didática de

Ciências já no 2º semestre de 2015, mesmo eu não sendo lotado naquela Unidade de Ensino.

Finalizando, gostaria de registrar, além do que foi citado anteriormente, que assim que houver uma nova discussão e análise sobre a reformulação do atual curso de Pedagogia, irei apresentar os resultados desta dissertação para uma possível apreciação.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, p. 44-58, jan. 2004. ISSN21757941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9064/9118>>. Acesso em: 04 jan. 2015. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/9064>.
- ANDRADE, C. T. J. de. *Luz e Cores: Uma proposta interdisciplinar no Ensino Fundamental*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 103f.
- ÁVILA, D.; SCHROEDER, C. *Proposta para experimentação: o show de Monga, a Mulher Gorila*. 2015. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na Disciplina Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF Polo 21), Instituto de Matemática, Estatística e Física, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2015. Disponível em: http://www.moodle.sead.furg.br/pluginfile.php/169296/mod_resource/content/1/atividade_%20experimenta%C3%A7%C3%A3o_Daniel_Claudio.pdf Acesso em: 29 jul. 2015.
- AZENHA, M. da G. *Construtivismo: de Piaget a Emilia Ferreiro*. São Paulo: Ática, 1993.
- AZEVEDO, M. N. de. *Ensinar Ciências e Pesquisa-Ação: saberes docentes em elaboração*. Jundiaí: Paco Editorial, 2013.
- BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2001.
- BRASIL; Conselho Nacional de Educação. *Resolução CNE/CP n. 1, de 15 de maio de 2006*. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Pedagogia, licenciatura. 2006. Diário Oficial da União, Brasília, 16 mai. 2006b, Seção 1, 11p.
- CARVALHO, A. M. P. de. Construção do conhecimento e ensino de ciências. *Em Aberto*. Brasília: INEP, v. 12, n. 55, jul./set., 1992, p.4-16.
- CARVALHO, A. M. P. de. *Ensino de Ciências e epistemologia genética*. In: Viver: mente e cérebro. Coleção memória da pedagogia, n. 1: Jean Piaget. Rio de Janeiro: Ediouro; São Paulo: Segmento Duetto, 2005.
- CARVALHO, A. M. P. et al. *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione, 2009.
- CARVALHO, A. M. P. et al. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. *O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas*. Disponível em: http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/alexbc/materiais/O_ENSINO_DE_CIENCIAS_E_A_PROPOSI_O_DE_SEQUENCIAS_DE_ENSINO_INVESTIGATIVAS__Carvalho_2012.pdf Acesso em: 23 jun. 2015.
- DAMASIO, F. *Programa para Qualificação de Professores para Ensino de Física em Séries Iniciais do Ensino Fundamental*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. 247f.

DARROZ, L. M. *Uma proposta para trabalhar conceitos de astronomia com alunos concluintes do curso de formação de professores na modalidade Normal*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. 196f.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J.A. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2007.

DOMINGUINI, L. A transposição didática como intermediadora entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar. *Revista Eletrônica de Ciências da Educação*, v. 7, n. 2, 2008. <http://189.16.45.2/ojs/index.php/reped/article/view/472>. Acesso em: 08 de Jan. de 2014

FONSECA, D. M. da. A Pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. *Educação e Pesquisa*, v. 34, n. 2, p. 361-370, maio/ago. 2008.

FRANCO, V. C de. Laboratório caseiro: Eletroscópio gigante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 64-70, ago. 2008. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6053/14078>>. Acesso em: 12 mar. 2014. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/6053>.

GALIAN, C. A.; ARROIO, A.; SASSERON, L. H. Formação Inicial de Professores para o Ensino Fundamental: o Conhecimento das Ciências naturais no Currículo do Curso de Pedagogia. *Educação em Perspectiva*, v. 4, n. 1, p. 87-110, jan./jun. 2013.

GIRCOREANO, J. P; PACCA, J. L. A. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 26-40, jan. 2001. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6687>>. Acesso em: 02 jan. 2014. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/6687>.

GONZATTI, S. E. M. *Um Curso Introdutório à Astronomia para a Formação Inicial de Professores de Ensino Fundamental, em nível médio*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. 260f.

GRALA, R. M. *Favorecendo a aquisição de conceitos científicos em crianças de 06 anos com a introdução precoce de situações problemáticas de Física*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. 123f.

HEINECK, R; ARRIBAS, S D. Câmara escura. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, p. 303-307, jan. 2004. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10018/14556>>. Acesso em: 08 jan. 2014. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/10018>.

LABURÚ, C. E; SILVA, O. H. M da; BARROS, M. A. Laboratório caseiro pára-raios: um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 168-182, set. 2008. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6213/5781>>. Acesso em: 09 mar. 2014. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2008v25n1p168>.

MACHADO, M. A. *Desenvolvimento e implementação de unidades didáticas na formação de Professores das séries iniciais do Ensino Fundamental*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 183f.

MARQUES, N. L. R. *Formação dos alunos do Curso Normal para o Ensino de Ciências nas Séries Iniciais: Uma experiência em Física Térmica*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. 139f.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 2011.

PASQUALETTO, T. I. *Ensino de Física no 9º Ano: Uma proposta metodológica com projetos desenvolvidos a partir de situações-problemas*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. 97f.

PIAGET, J. *Fazer e compreender*. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1978.

PIAGET, J. *Seis estudos de Psicologia*. Tradução Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sérgio Lima Silva. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999.

ROCHA FILHO, J. B da et al. Resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 228-236, jan. 2003. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6548/6036>>. Acesso em: 08 fev. 2014. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/6548>.

SCHROEDER, C. *Um Currículo de Física para as primeiras séries do Ensino Fundamental*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. 163f.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. Tradução José Cipolla neto, Luis Silveira Menna Barreto, Solange Castro A feche. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Perguntas Iniciais Aplicadas no 1º Encontro

Perguntas Iniciais

- 1) **Por gentileza, qual o teu nome?**
- 2) **Em que semestre estás?**
- 3) **Por que escolheste cursar Pedagogia?**
- 4) **Como foi teu contato com o ensino de ciências nos Anos Iniciais enquanto aluna(o)?**
- 5) **Pretendes seguir a metodologia de ensino ao qual foi submetida(o) enquanto aluna(o) dos Anos Iniciais? Por favor, justifique.**
- 6) **Quantas cadeiras relacionadas ao ensino de ciências, para o Ensino Fundamental Anos Iniciais, cursaste ou irás cursar na tua formação? Qual a carga horária?**
- 7) **No teu entender, a formação oferecida no curso de Pedagogia é igualitária em todas as áreas do conhecimento?**
- 8) **Dentre as disciplinas a serem ministradas nos Anos Iniciais, para quais entendes estar preparada(o) e em quais terias alguma dificuldade? Por quê?**
- 9) **Vamos supor que precisas ensinar algum tópico de ciências para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Que metodologia adotarias?**
- 10) **O que passa em tua mente quando ouves a expressão “Ensino de Ciências”?**
- 11) **Sabias que conteúdos de Física são contemplados nos Anos Iniciais?**
- 12) **O que esperas deste curso de formação?**

APÊNDICE B - Perguntas Parciais Aplicadas no 5º Encontro

Perguntas Parciais

- 1) **Por gentileza, qual o teu nome?**
- 2) **Em que semestre estás?**
- 3) **Conhecias a metodologia construtivista aplicada ao ensino de ciências?**
- 4) **Noz nossos encontros da capacitação, sempre começamos por um problema. Lá no começo (1º e 2º encontros) o que dirias a respeito desta proposta? E hoje? Por favor, justifique.**
- 5) **Este projeto de extensão acrescentou algo para o exercício de tua profissão? O quê?**
- 6) **Esta capacitação que estás participando, fundamentada em práticas construtivistas, te assusta ou te dá coragem? Por favor, justifique.**
- 7) **Este formato de capacitação, que leva em consideração aspectos construtivistas, serve para (re)construirmos o conhecimento? Não esqueças de justificar.**
- 8) **Neste tipo de abordagem aquilo que o estudante já sabe é levado em consideração? Por gentileza, justifique.**
- 9) **O que pensas a respeito das atividades serem sempre feitas em grupo?**
- 10) **Quando abrimos a discussão para os estudantes contarem como resolveram o problema, é importante escutar todos? Justifique.**

APÊNDICE C - Perguntas Finais Aplicadas no 10º Encontro

Perguntas Finais

- 1) Por gentileza, qual o teu nome?
- 2) Em que semestre estás?
- 3) É possível que um professor dos Anos Iniciais se sinta gratificado ensinando Física?
- 4) E os alunos dos Anos Iniciais podem aprender Física de forma agradável?
- 5) Nesta capacitação com metodologia construtivista, foi prazeroso estudar Física?
- 6) Acreditas que este tipo de capacitação com enfoque construtivista ajuda na (re)construção dos conhecimentos de Física dos professores? Por favor, justifique.
- 7) Alguma coisa mudou em “tuas certezas” durante a realização da capacitação?
Alguma coisa ficou mais “forte” ainda?
- 8) Faça tua avaliação do curso de formação.

APÊNDICE D - Pôster Apresentado no V EEEFís-RS em 2013



V ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA - PORTO ALEGRE - 2013
DO OLHO HUMANO AS CHARQUEADAS DE SÃO JOÃO
Marco Aurélio Torres Rodrigues
Instituto Estadual de Educação José Bernabé de Souza - IEEBS

Introdução

Acredito que um momento possível para estimular e despertar o interesse dos educandos por Ciências, seja, quando os mesmos estão nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Norteado por esta convicção, busquei na Literatura disponível, uma inspiração para elaboração de um projeto. Este projeto, foi desenvolvido no Instituto Estadual de Educação José Bernabé de Souza, no quinto ano do Ensino Fundamental, turma 51-9.

Objetivos

Explicar o funcionamento do olho humano integrando várias áreas do conhecimento, como: Ciências da Natureza e Linguagens; possibilitando assim uma aprendizagem significativa para os educandos.

Referenciais Teóricos

Pensamos que os educandos, principalmente as crianças, são receptivos quando propomos atividades que mostram relação com o dia a dia, possibilitando-os alcançar respostas sobre o mundo que os cerca, atingindo desta forma aprendizagem significativa. Segundo algumas teorias, apud, Marco Antônio Moreira " As teorias de Ausubel, Novak e Gowin formam um corpo teórico coerente sobre aprendizagem e ensino, particularmente adequado com o referencial para o dia a dia de sala de aula." Para tanto é indispensável conhecer a realidade em que o educandário

Metodologia

O projeto foi dividido em algumas etapas:
 1ª produção de uma câmara para cada aluno em sala de aula, foram produzidas 31 câmaras, com : latas metálicas, papel vegetal, cartona preta ...;
 2ª utilização da câmara escura, para verificar imagens;
 3ª estudo do olho humano na sala de multimídia;
 4ª abordagem do conteúdo Origem da Revolução Farroupilha;
 5ª produção de novas câmaras escuras com papel fotográfico;
 6ª visita às Charqueadas de São Miguel em Pelotas para produção de imagens do local;
 7ª revelação do papel fotográfico;
 8ª exposição das imagens produzidas na Mostra Pedagógica do Instituto.

Metodologia



Fig. 3 – Etapa 5



Fig. 4 – Etapa 6



Fig. 5 – Etapa 7

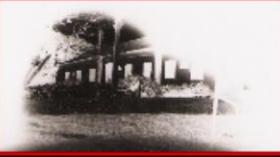



Fig. 6 – Etapa 8

Conclusões

A conclusão já era esperada em parte: quando conhecemos nossos alunos e as atividades vão ao encontro do cotidiano deles, o interesse demonstrado é enorme. Verifiquei como a Teoria de aprendizagem de Novak já propunha o engrandecimento humano.
 Também concluí, embora não esperasse que os alunos são realmente capazes de decidir se querem, ou não aprender.

Referências

HEINECK, R.; ARRIBAS, S.D. Câmara Escura. Caderno Brasileiro de Ensino de Física., V. 21, n.especial, p.303-307, 2004.
 MOREIRA, Marco Antônio. Teorias de Aprendizagem. 2 ed. Editora EPU, 2011.



Fig. 1 – Etapas 1 e 2



Fig. 2 – Etapa 3

**APÊNDICE E - TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E
ESCLARECIDO – PROJETO DE EXTENSÃO**

Eu, _____,
RG _____, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar do projeto de extensão da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, intitulado Práticas Construtivistas no Ensino de Eletromagnetismo e Óptica para discentes do curso de Pedagogia. Estando ciente que este projeto faz parte de uma das ações promovidas pelo Professor Marco Aurélio Torres Rodrigues, aluno do Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Polo 21, sob a orientação dos professores Luiz Fernando Mackedanz e Eliane Cappelletto .

Declaro que fui informado que o objetivo desta pesquisa é:

- – Investigar a viabilidade da Prática Construtivista, na formação dos futuros Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, para que eles possam re(construir) seu conhecimento no que se refere a conhecimentos elementares de Eletromagnetismo e Óptica.

Declaro que fui igualmente informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (e.g elaboração de artigos científicos, palestras, seminários trabalhos de conclusão de curso etc.), sem fazer minha identificação. Autorizo, somente para uso acadêmico, as fotos e filmagens obtidas durante minha participação no projeto de extensão. Minha colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado.

Bagé, ____ de ____ de 20 ____.

Assinatura do orientador

Assinatura do pesquisador

Assinatura do participante

**APÊNDICE F - TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E
ESCLARECIDO – ENSAIO ZERO**

Eu, _____,
RG _____, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar do Curso de Qualificação para Professores que atuam no Ensino Fundamental I das redes públicas de Ensino, dos municípios de Cerrito RS e Pedro Osório RS, intitulado *Ensaio zero de ciências para professores dos anos iniciais, à luz da pedagogia científica de Bachelard*. Estando ciente que este Curso faz parte de uma das ações promovidas pelo Professor Marco Aurélio Torres Rodrigues, aluno do Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Polo 21, sob a orientação dos professores Luiz Fernando Mackedanz e Eliane Cappelletto .

Declaro que fui informado que o objetivo desta pesquisa é:

– Investigar a viabilidade da Prática Construtivista, na formação dos futuros Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, para que eles possam re(construir) seu conhecimento no que se refere a conhecimentos elementares de Eletromagnetismo e Óptica.

Declaro que fui igualmente informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (e.g elaboração de artigos científicos, palestras, seminários trabalhos de conclusão de curso etc.), sem fazer minha identificação. Autorizo, somente para uso acadêmico, as fotos e filmagens obtidas durante minha participação no Curso. Minha colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado.

Pedro Osório, ____ de ____ de 20 ____.

Assinatura do orientador

Assinatura do pesquisador

Assinatura do participante

ANEXOS

ANEXO A - Ficha de Inscrição para o curso Práticas Construtivistas no Ensino de Eletromagnetismo e Óptica para Discentes do Curso de Pedagogia e Professores dos Anos Iniciais

	Universidade Estadual do Rio Grande do Sul PROEX - Pró-Reitoria de Extensão Rua Sete de Setembro, 1156 • 90010-191 • Porto Alegre - RS Fone: (51) 3288-9078 • e-mail: proex@uergs.edu.br
---	--

ANEXO 2 – FICHA DE INSCRIÇÃO

ATIVIDADE DE EXTENSÃO			
Realização: Unidade de Santana do Livramento em parceria com a Unidade de Bagé			
Contato para informações: profmarcotorresjbsegv@gmail.com (profº Marco Aurélio) veronice-silva@uergs.edu.br (profª Veronice) marco-rodrigues@uergs.edu.br (profº Marco Aurélio)			
Título da ação: Práticas construtivistas no ensino de Eletromagnetismo e Óptica para Discentes do Curso de Pedagogia e Professores dos Anos Iniciais.			
Período: 14/03/2015 a 16/05/2015			
Local: Avenida Tupy Silveira, 2820; Prédio da UERGS Bagé			
Horários: 19h às 23h (sexta, apenas um encontro) e 8h às 12h (sábado, serão nove encontros neste dia da semana)			
Público-Alvo: Discentes do Curso de Pedagogia e Docentes que trabalham com Anos Iniciais do Ensino Fundamental (1º ao 5º Ano).			
Vagas: 24 (vinte e quatro)			
Carga Horária Total: 40 Horas			
EVENTO GRATUITO!			
DADOS PESSOAIS			
Nome do Participante:		Já participou de atividade de extensão na UERGS:	
CPF:		Sim () Não ()	
Empresa:		UNIDADE	
Aluno () UERGS () OUTRA IES () NÃO ALUNO			
HIPOSSUFICIENTE? () SIM UERGS () SIM OUTRO () NAO			
Identidade (número e órgão emissor):		Área de Formação:	Sexo: M () F ()
Data de Nascimento:	Natural de:	UF:	País:
/ /			
Endereço:			
Cidade:		CEP:	UF:
/ /		/ / / / / / / /	
Telefones		e-mail:	
Comercial:().....Celular: ().....		
Residencial ().....			
Data:		Assinatura do Participante:	
/ /			

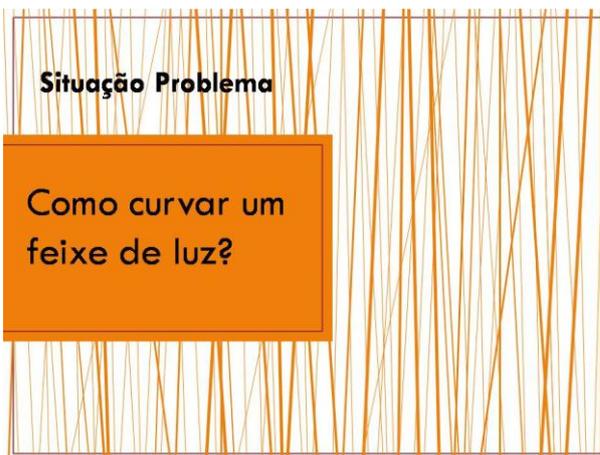
Observações:

1. Só receberão certificados os participantes que obtiverem 75% de frequência no curso.
2. Encaminhar a ficha de inscrição devidamente preenchida para a Unidade de Bagé
4. Período de Inscrições: 04 de Março à 11 de Março de 2015

ANEXO B - Slides Utilizados pelos Licenciandos no 10º Encontro

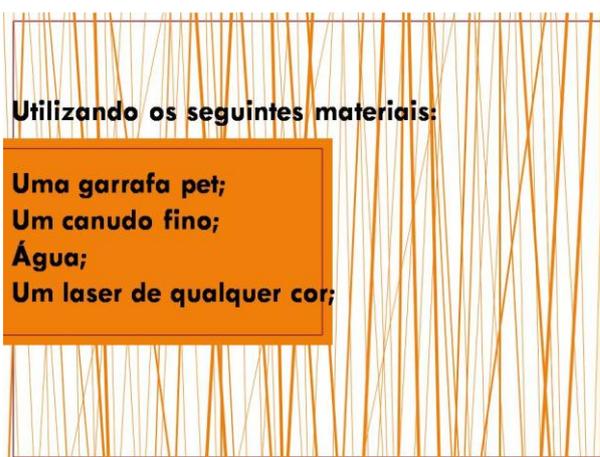


ATIVIDADE DE ENCERRAMENTO
FÍSICA PRÁTICA PARA GRADUANDOS EM PEDAGOGIA



Situação Problema

Como curvar um feixe de luz?



Utilizando os seguintes materiais:

- Uma garrafa pet;
- Um canudo fino;
- Água;
- Um laser de qualquer cor;

Questões para refletir:

a luz se propaga em linha reta?

Porque o feixe de luz acompanhou o filete de água.

Experimento feito em casa.



TEXTO DE APOIO

TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR
METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA NO ENSINO DE
CIÊNCIAS/FÍSICA

**Material de apoio didático para implantação da metodologia construtivista nas
aulas de Ciências**

Apresentação

A finalidade deste texto é propiciar que docentes que trabalham no curso Normal e/ou Pedagogia, na formação continuada de professores e não tenham formação específica nesta área, assim como discentes do Curso Normal e Pedagogia, conheçam a metodologia construtivista aplicada ao Ensino de Ciências, mais especificamente no que se refere ao Ensino de Física.

Esta metodologia foi foco de investigação, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e, devido à obtenção de bons resultados, resolvi compartilhar não os resultados e sim a forma como esses resultados foram obtidos. Para realizar a investigação acima citada, trabalhei com discentes do curso de Pedagogia da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Unidade Bagé. Tivemos dez encontros de quatro horas cada, durante os meses de março até maio de 2015.

Devo salientar que esta metodologia está alicerçada em Piaget, Vigotski e, principalmente, nos trabalhos de Carvalho, que já propunha tal metodologia há, no mínimo, duas décadas, principalmente para alunos do Ensino Fundamental I.

Um dos motivos que me levou a escrever este produto educacional, foi as manifestações positivas dos discentes durante a formação salientando que tais assuntos poderiam ser levados para o interior de uma sala de aula de Ensino Fundamental I, e que esta metodologia facilitava a construção ou a reconstrução de conceitos básicos de Eletromagnetismo e Óptica, isto é, indiretamente estavam fazendo referência a transposição didática. Quando ocorre a passagem do conhecimento científico para o

conhecimento escolar, temos o fenômeno denominado transposição didática (DOMINGUINI, 2008).

O material de apoio foi organizado desta forma: uma breve apresentação da metodologia; tabela resumo (que trás os problemas propostos Conceitos Físicos e/ou Leis Físicas trabalhadas em cada encontro) e descrição em detalhe das atividades realizadas nos nove encontros e, para finalizar, textos auxiliares que explanam os conceitos físicos.

Rio Grande, Novembro de 2015.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA	181
TABELA RESUMO	185
ATIVIDADES DE ELETROMAGNETISMO E ÓPTICA	187
Nove encontros ou dez encontros?	187
1° ENCONTRO	188
3° ENCONTRO	190
4° ENCONTRO	194
5° ENCONTRO	198
6° ENCONTRO	200
7° ENCONTRO	203
8° ENCONTRO	204
9° ENCONTRO	208
10° ENCONTRO	213
TEXTOS AUXILIARES DE CONHECIMENTO FÍSICO	220
I - PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO	220
II - CORRENTE ELÉTRICA E RESISTORES	230
III - A LUZ	236
IV - MAGNETISMO	269
REFERÊNCIAS	280

APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA CONSTRUTIVISTA

Quando (CARVALHO, 2009) apresenta o ensino de Ciências a partir de um enfoque construtivista começa, sempre, detalhando alguns pressupostos teóricos de origem psicológica e epistemológica que têm por objetivo explicar como a humanidade e o indivíduo constroem o conhecimento, mas também leva em consideração dados empíricos que têm suas origens em pesquisas que consideram conceitos alternativos, pesquisas estas realizadas nas últimas décadas.

Chamo atenção para os três pressupostos apontados por Carvalho como base para o desenvolvimento do construtivismo no ensino:

“1) O aluno é o construtor do seu próprio conhecimento; 2) O conhecimento é um contínuo [...]; 3) O conhecimento a ser ensinado deve partir do conhecimento que o aluno já traz para a sala de aula” (Carvalho, 1992, p. 9).

Apresentarei a seguir as etapas que devem ser desenvolvidas durante uma aula sobre conhecimento físico, com caráter investigativo e enfoque construtivista. Saliento que estas etapas foram propostas por Carvalho, pois ela entende (e eu, após a investigação, assim também o compreendo) que os alunos, durante as atividades de conhecimento físico, passam por momentos de ação e reflexão. Sendo assim, faz-se necessária uma pequena discussão sobre tais etapas, na ordem que devem ocorrer durante as aulas.

A aula deve começar sempre com um *problema proposto pelo professor*. O professor, de início deve otimizar o espaço de convívio, ou seja, separar a classe em grupos de no máximo cinco alunos. Estes grupos devem ficar dispostos em torno de uma bancada improvisada – *carteiras organizadas* –, ou se a atividade não necessitar desta suposta bancada, os estudantes podem ser organizados no chão da sala de aula, ou quem sabe até mesmo no pátio. Na sequência, é distribuído aos grupos o material experimental que o professor julga ser necessário para a solução do problema; materiais iguais são disponibilizados a todos os grupos. Detalhes: o número reduzido de integrantes por grupo permite que todos os componentes tenham acesso ao material disponibilizado e, além disto, facilita o diálogo; alguns materiais chamam muita atenção dos alunos, portanto estes devem ser distribuídos *após* a apresentação do problema,

pois, com a atenção voltada para os materiais, os alunos podem não prestar atenção ao problema proposto e, assim, não o entenderem.

Então o professor propõe o problema e espera sua solução por parte dos alunos. Em momento algum a solução deve ser revelada pelo professor. Quanto à explicação física, não devemos esperar que os alunos cheguem de forma precisa a ela, basta que se aproximem do que hoje é aceito no cenário científico.

Para chegar à solução do problema, os estudantes vão avançando e agora estão *agindo sobre os objetos para ver como estes reagem*. Nesta etapa, os alunos começam a ter o primeiro contato com os objetos ofertados, isto é, começam a manusear o material experimental; então o professor começa a caminhar pela sala de aula, entre os grupos e verifica se todos os alunos integrantes de cada grupo estão tendo a oportunidade de manipular o material. Não é difícil de observar que em determinados grupos alguns alunos não queiram dividir o material, gerando possíveis atritos e discussões. Neste momento é indispensável a interferência do professor, que não deve ficar alheio a tais situações; deve tomar alguma atitude, afinal um dos objetivos com estas investigações é que os alunos aprendam a cooperar e dividir, visto que “[...] o conteúdo físico não é o único que desejamos ensinar com as atividades” (CARVALHO, 2009, p. 37).

Cumprida a segunda etapa, ingressamos na terceira e nesta os alunos ficam *agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado*. Agora os alunos já conhecem a potencialidade do material, pois já o manusearam, então o próximo passo é manipulá-lo até obter o efeito que corresponda à solução do problema proposto.

Novamente a atitude do professor é fundamental, pois este deve caminhar pela sala, conversar em todos os grupos e, nesta troca de ideias, investigar se os alunos entenderam e chegaram a uma solução para o problema. Pode solicitar que os alunos mostrem e contem o que já fizeram ou o que ainda estão fazendo. O professor não deve resolver o problema para os grupos, pois se este for adequado ao nível cognitivo dos alunos, eles encontrarão sozinhos a solução, basta o professor exercitar a paciência e esperar. Observe que no momento em que o professor está interagindo com cada grupo, ele possibilita que os integrantes refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem. A etapa só termina quando os grupos encontram a solução do problema proposto.

Na quarta etapa da aula, os alunos começam a *tomar consciência de como foi produzido o efeito desejado*. Contudo, para que esta etapa realmente seja atingida, o

professor deve organizar uma discussão ampla com *todos* os discentes, ou seja, desfazer os pequenos grupos e montar um grande grupo.

Então o professor precisa, antes mesmo de organizar as crianças em semicírculo, recolher os materiais, para garantir que a atenção fique voltada à discussão das questões. Contudo, em determinadas ocasiões, podemos ser mais flexíveis quanto à questão de recolher os materiais, pois às vezes os alunos os solicitam novamente para contar como chegaram à solução do problema.

Esta etapa é o momento de comunicarem (falar) sobre o problema que resolveram. As crianças são instigadas a contar, a relatar, a pensar sobre a atividade que acabaram de executar. Detalhes: os alunos são organizados em um semicírculo, pois assim todos prestam atenção em quem está falando. A discussão deve envolver toda a turma e não somente um aluno e o professor. Esta forma de organização desfaz temporariamente os grupos e isto é muito importante, pois quando os grupos são mantidos, geralmente um aluno torna-se seu representante e só ele fala em nome dos demais. Outro aspecto importante é que se os grupos forem mantidos, enquanto o professor interage com um dos grupos, os demais se dispersão. Escutar as colocações dos colegas contribui para que cada discente comece a organizar suas ideias.

Volto a salientar que a discussão começa com o professor solicitando que os alunos contem como fizeram para resolver o problema. A princípio todos querem relatar o que fizeram. Cabe ao professor a mediação dos relatos.

Chegamos à etapa denominada *dando as explicações causais*. Uma vez que na etapa anterior todos os alunos tiveram a oportunidade de contar como resolveram o problema, agora é atingida a etapa de tentar entender como o problema foi resolvido. Sendo assim, esta etapa é caracterizada por perguntas do tipo “Por quê?” elaboradas pelo professor.

É comum que os alunos novamente relatem como resolveram o problema. Então o professor atentamente escuta, e logo em seguida refaz a pergunta, permitindo que o aluno avance em seu conhecimento. O professor está procurando explicações, todavia nem sempre estas aparecem, nas primeiras indagações e argumentações. Cabe então ao educador ir formulando novas indagações para chegar aos “por quês”. Salientamos que este é um “caminho perigoso”, pois o professor deve ter claro até onde quer ir com seus

alunos. Outro aspecto importante é que classes distintas podem apresentar explicações diferentes, afinal cada uma tem um contexto.

Para ajudar o professor a trabalhar de forma mais segura esta etapa, elaboramos a segunda parte do material, denominada *Textos Auxiliares de Conhecimento Físico*, que aborda os conceitos e princípios físicos trabalhados nos nove encontros.

Escrevendo e desenhando é a sexta etapa. Nela “[...] o professor solicita aos alunos que escrevam e/ou façam um desenho sobre a experiência.” (CARVALHO, 2009, p. 38). É possível surgirem relatos sucintos, outros mais extensos, relatos acompanhados de desenhos ou somente desenhos. Estes registros, feitos pelos alunos, são um tipo de retorno para o professor no que se refere à sua aula, pois neles está explicitada a compreensão dos alunos, seus conceitos, relações, variáveis, etc.

O professor não deve solicitar relatórios tradicionais, do tipo que começam listando os materiais utilizados e terminam com uma conclusão. O estudante deve ficar completamente livre para escrever. Até mesmo as famosas perguntas que são colocadas no quadro, como o intuito de orientar a escrita, devem ser repensadas, pois conforme relata Carvalho (2009, p. 39) “quando o professor escreve perguntas na lousa, a tendência dos alunos é respondê-las secamente, como se fossem um questionário”.

Durante a realização das etapas anteriores, a participação do professor é fundamental. E, na sétima e última fase que será apresentada agora, torna-se ainda mais importante, pois é o momento de relacionar atividade e cotidiano.

Penso ser este o momento que todo professor espera, ou seja, fechar sua aula com “chave de ouro”. E, para isto, é preciso aproveitar as atividades de conhecimento físico e levar os alunos a relacioná-las com o seu cotidiano, solicitando que os alunos deem exemplos, que mostrem uma conexão entre os experimentos realizados e seu cotidiano. Inúmeras vezes esta conexão entre experimentos e cotidiano já são observadas nas produções textuais e nos desenhos que os alunos fazem, que vem carregadas de uma diversidade de vivências que cada aluno traz para a sala de aula, afinal elas têm relações sociais, afetivas e cognitivas a todo momento, e não somente na escola.

TABELA RESUMO

Para torna mais rápido e fácil a percepção por parte do leitor dos problemas e Conceitos Físicos e/ou Leis Físicas abordados e trabalhados em cada encontro, apresento a seguir uma tabela. Gostaria de salientar que outros conceitos físicos poderão ser explorados nos problemas que foram propostos.

Tabela 1- A Tabela 1 apresenta de forma rápida os problemas que foram propostos a cada encontro assim como os Conceitos Físicos e/ou Leis Físicas trabalhados.

Encontro	Problemas	Conceitos Físicos e/ou Leis Físicas trabalhadas
1°	O problema dos papéis saltitantes.	Processos de eletrização: atrito, contato e indução. Blindagem eletrostática (Gaiola de Faraday)
3°	O problema da imagem invertida.	Princípios da Óptica Geométrica. Câmara escura de orifício. Visão humana.
4°	O problema do quarto escuro . O problema das lâmpadas.	Circuito elétrico simples. Associação de lâmpadas em série e em paralelo.
5°	O problema do Arco-íris.	Reflexão da luz. Refração da luz. Dispersão da luz branca.
6°	O problema dos “carrinhos magnéticos” O problema da bússola.	Magnetismo. Ímãs, polos dos ímãs. Repulsão e atração magnética.

		Campo Magnético Terrestre. Bússolas.
7°	O problema das várias imagens.	Espelhos planos. Associação de espelhos planos: angular e paralela. Formação de imagens em espelhos planos. Reflexão da luz.
8°	O problema da reflexão da luz . O problema da reflexão da imagem dos objetos.	Fontes de luz primária e secundária. Reflexão da luz. Periscópio.
9°	O problema das sombras.	Princípios de propagação da luz. Fontes de luz. Corpos luminosos e iluminados. Eclipses. Fases da lua. Sombras coloridas. Teoria Tricomática de Young-Helmholtz.
10°	O problema do feixe de luz . O problema do bonequinho que virou carrinho.	Propagação da luz. Reflexão da luz. Fibras Ópticas. Reflexão e refração da luz.

ATIVIDADES DE ELETROMAGNETISMO E ÓPTICA

Nove encontros ou dez encontros?

Para implementar a investigação, foi realizado um curso de extensão na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), para discentes do curso de Pedagogia e professores dos Anos Iniciais da rede pública de ensino, intitulado *Práticas Construtivistas no Ensino de Eletromagnetismo e Óptica para Discentes do Curso de Pedagogia e Professores dos Anos Iniciais*. Esta capacitação teve um total de 40 horas-aula, divididas em dez encontros de 4 h.

Embora o projeto previsse a participação de docentes do Ensino Fundamental I, nenhum pode participar devido a compromissos profissionais.

O segundo encontro, desenvolvido pela professora Veronice Camargo, tratou de Teorias de Aprendizagem e não será aqui detalhado, por isto a indagação inicial, espero ter ficado claro.

Em todos os encontros os seguintes procedimentos de ensino foram adotados:

- 1º Separar a turma em grupos;
- 2º Distribuir os materiais;
- 3º Propor o problema;
- 4º Esperar a solução do problema;
- 5º Observar as tentativas de solução do problema;
- 6º Recolher os materiais;
- 7º Elaborar explicações causais;
- 8º Escrever e desenhar;
- 9º Relacionar a atividade e o cotidiano.

A seguir apresento detalhadamente as atividades de Física trabalhadas neste curso de extensão.

1º ENCONTRO

Atividade: O problema dos papéis saltitantes.

Problema proposto:

Como fazer para os papéis saltarem em direção ao cano?

Materiais distribuídos:

- Um pedaço de cano de PVC de 20 mm (aprox. 25 cm);
- Pequenos pedaços de papel jornal;
- Um retângulo de lã, pedaço de cobertor de bebê (aprox. 30 cm x 25 cm).

Imagens dos materiais distribuídos:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Pedacinhos de papel jornal, cano e tecido de lã.

A Figura 1 mostra um recipiente contendo os pequenos pedaços de papel jornal, o cano de PVC e o pedaço de cobertor de bebê.

Materiais alternativos:

Os materiais alternativos podem substituir alguns dos acima citados.

O cano de PVC pode ser substituído por um pente, por um tubo de caneta ou por balões de aniversário.

O cobertor de bebê pode ser substituído por uma peça de lã, uma blusa denominada segunda pele, uma camiseta sintética, uma meia de náilon ou até mesmo por folhas de papel toalha bem seco.

Já os pedacinhos de papel jornal podem ser substituídos por um filete contínuo de água. Se a sala onde você trabalha não possui uma torneira, pode utilizar uma garrafa pet e fazer um pequeno orifício com uma agulha grossa, na parte inferior da garrafa.

Materiais extras:

Os materiais extras são aqueles que originalmente **não** são entregues para os alunos resolverem o problema, isto é, eles não fazem parte do kit que irá possibilitar solucionar o problema proposto pelo professor.

Eles podem ser utilizados após os procedimentos, ou, se o professor assim o desejar, disponibilizados para os grupos que resolveram o problema rapidamente e estão aguardando que os colegas obtenham a solução.

Após cumprir todos os procedimentos de ensino, foram distribuídos alguns ralos metálicos (do tipo “ralo chinês”, mostrado na Figura 2). Na sequência orientei que os alunos fizessem novamente o processo de eletrização por atrito, porém os pedacinhos de papel deveriam ficar embaixo do ralo. Neste caso específico, o objetivo de utilizar o ralo chinês era mostrar o efeito da blindagem eletrostática.

Imagem do material extra:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Três ralos chineses.

Detalhes:

Se o ambiente onde a aula ocorre estiver úmido, é provável que os alunos não atinjam a solução do problema. Sugere-se que a atividade seja realizada em um dia seco e ensolarado.

A respeito do tamanho dos papéis, estes devem ser bem pequenos, para garantir uma pequena massa. Quando os papéis não são pequenos o suficiente, a força eletrostática de atração não consegue vencer a força peso, logo os papéis não serão suspensos.

Caso decida substituir os pedaços de jornal por água, não se esqueça de fazer um furo também na parte superior da garrafa pet. Para garantir que não saia água pelo orifício inferior da garrafa enquanto você não quiser, utilize uma fita adesiva em ambos os orifícios, isto é, no buraco de cima e no de baixo. Se a garrafa estiver sobre a mesa “sozinha” basta tapar o orifício da parte superior que não sairá água.

Caso você esteja com dúvidas a respeito do porquê de os papéis saltarem em direção ao cano, ou o motivo de conseguir movimentar o filete de água à distância, vá até seção *Textos Auxiliares* e procure pelo texto I- PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO.

3º ENCONTRO

Atividade: O problema da imagem invertida.

Problema proposto:

Como obter uma imagem em pé, ou seja, de “cabeça para cima”?

Materiais distribuídos:

É indispensável destacar que para chegar à solução do problema primeiro faz-se necessário a construção da câmera escura.

- Lata vazia;
- Cartona preta;
- Pedaco de papel vegetal;
- Fita adesiva;
- Pregos 12x12;
- Martelo.

Imagens dos materiais distribuídos, juntamente com o passo a passo para construção:

1º Utilizando o martelo e o prego, fazer um pequeno orifício na parte central do fundo da lata (Figura 3);



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Martelo, prego e lata.

2º Retirar a tampa da lata (que geralmente é feita de plástico) e fixar o papel vegetal utilizando fita adesiva (Figura 4);



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Papel vegetal fixado com fita adesiva na “boca” da lata.

3º Envolver a lata com cartona preta, tomando o cuidado para não tapar o orifício. Pronto, a câmara foi confeccionada (Figura 5).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Demonstração de como colocar a cartona preta.

Após confeccionar a câmera, seria interessante propor o problema.

Materiais alternativos:

A lata pode ser substituída por uma caixa de sapato, ou por uma lata de refrigerante, se a parte superior for removida com um abridor de lata (usar um martelo para amassar as rebarbas cortantes).

A cartona não precisa ser preta, poderia ser cinza fosco; entretanto se é um papel grosso, pode ser de qualquer cor; você poderia substituir também por outro material escuro maleável como uma camiseta, ou cartolina escura, até mesmo papel pardo.

Materiais extras:

Neste problema, o material extra a ser disponibilizado teria o objetivo de melhorar a qualidade da imagem. Portanto, você poderá utilizar uma lupa (Figura 6) ou lente de óculos.

Imagem do material extra:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Lupa desmontada, pronta para ser fixada na câmara escura.

Detalhes:

Se você comprar uma folha de papel vegetal, ela serve para confeccionar mais de dez câmaras, desde que estas sejam feitas com latas de achocolatado, latas de leite em pó, ou seja, latas que tenham um diâmetro de aproximadamente 10 cm.

O papel vegetal que fica preso à “boca” da lata de forma alguma poderá estar rasgado, ou mesmo ser rasgado durante sua fixação, pois é nele que se observa a imagem; ainda a respeito do papel vegetal, não poderá apresentar rugosidades, ou seja, deve estar o mais esticado possível.

A lupa, que tem a função de melhorar a nitidez da imagem, deve ser fixada no fundo da lata onde foi feito o orifício. Também pode ser colocada no meio da lata, todavia sua fixação é um pouco mais complicada.

Agora a respeito da solução do problema, você verá os alunos fazerem loucuras para obter a imagem de determinado objeto em pé: plantam bananeira, isto é, ficam de cabeça para baixo, colocam a cabeça entre as pernas, quando o que deveriam fazer é simplesmente virar o objeto. Entretanto pode ser que o objeto que os estudantes observam não possa ser virado; nesta situação, o problema não poderá ser resolvido.

Novamente, sinalizo que nos *Textos Auxiliares*, o tema câmara escura é abordado. Se achar necessário, vá até lá e tire suas dúvidas.

4º ENCONTRO

Atividades: O problema do quarto escuro e o problema das lâmpadas.

Problemas propostos:

No quarto encontro foi proposta a resolução de dois problemas. Embora eles estejam relacionados, foram trabalhados um de cada vez. Sendo assim, aqui também serão apresentados sequencialmente.

Primeiro problema proposto:

Imagine que você está entrando no seu quarto e de repente faltou energia elétrica (“luz”). Como fazer para iluminar o quarto, dispondo de uma lâmpada pequena, um pedacinho de fio, uma tesoura e uma pilha?

Materiais distribuídos:

- Pedaco de fio cabinho;
- Lâmpada pequena, de voltagem adequada à pilha fornecida;
- Uma pilha grande de 1,5 V;
- Tesoura;
- Fita adesiva.

Imagens dos materiais distribuídos:

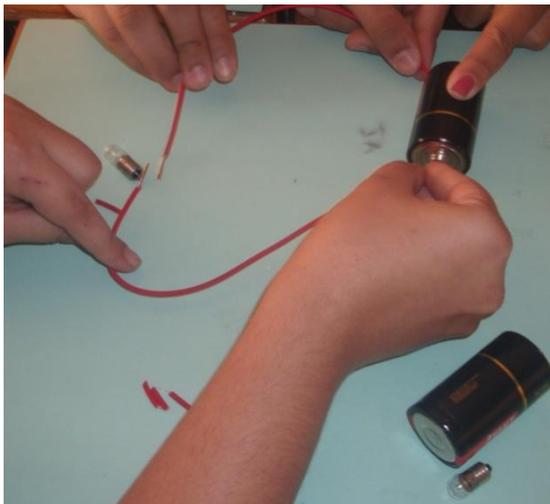


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunos tentando resolver o problema do quarto escuro.

A Figura 7 mostra os discentes tentando resolver o problema proposto. Nela não aparece a tesoura disponibilizada aos alunos e são mostradas duas pilhas e duas

lâmpadas. Mas não precisamos apenas de uma? Sim. Neste grupo, a pilha e a lâmpada tiveram que ser substituídas, pois apresentaram problemas (a carga da pilha estava esgotada e a lâmpada, queimada).

Materiais alternativos:

As pilhas podem ser substituídas por baterias de celular carregadas.

Detalhes:

Verifique com antecedência se as lâmpadas não estão “queimadas” e também se as pilhas encontram-se carregadas. Você poderá utilizar pilhas pequenas, entretanto elas tempo um tempo de vida útil bem menor.

Sempre observe a alimentação que a lâmpada precisa para funcionar corretamente. Por exemplo, não adianta tentar ligar uma lâmpada de 60 W – 220 V (do tipo que se liga na rede elétrica) a uma pilha de 1,5 V. Atenção: Lâmpadas de lanterna, de potência em torno de 1 W, projetadas para duas pilhas (3 V) ou quatro pilhas (6 V) acendem (fraquinhas) ao serem conectadas a uma única pilha.

Um grande número de alunos, quando tenta resolver esse problema, começa cortando o fio em duas partes e, logo após, descasca as pontas dos fios. Na sequência, o estudante tenta fazer a lâmpada acender e não consegue. Esse procedimento levanta duas considerações: primeiro, o fio não precisa ser dividido; segundo, os alunos têm dificuldade em conectar as pontas dos fios nos locais adequados da lâmpada.

Passamos agora à segunda parte da aula.

Segundo problema proposto:

Como iluminar pouco com duas lâmpadas, ou seja, como fazer para elas brilharem “fraquinhas”?

Materiais distribuídos:

- Suporte para quatro pilhas com fios e jacarés (garras) nas extremidades dos fios;
- Dois suportes para lâmpadas, com fios já conectados;
- Duas lâmpadas;
- Quatro pilhas.

Imagens dos materiais distribuídos:

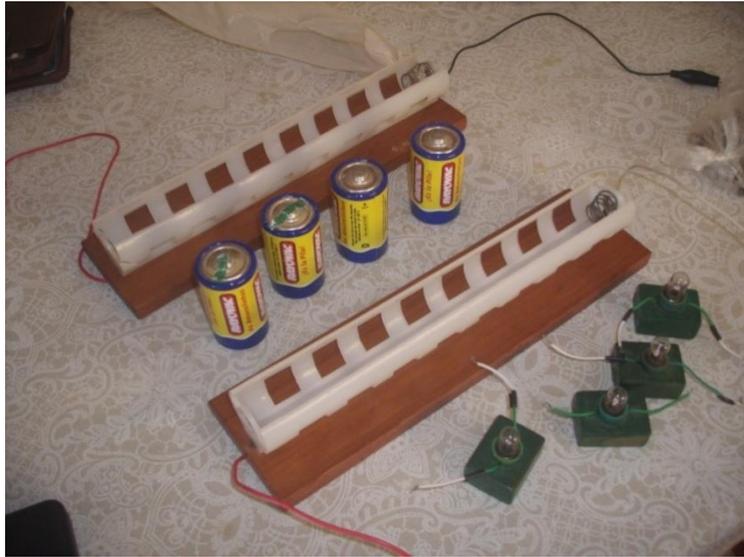


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Dois suportes com fios e garras para pilhas, quatro pilhas grandes e quatro suportes para lâmpadas.

A Figura 8 mostra os dois suportes em plástico fixados numa base de madeira com fios e garras, as pilhas adequadas ao tamanho dos suportes, assim como as lâmpadas montadas em suportes caseiros feitos de madeira.

Materiais alternativos:

É possível eliminar os suportes das pilhas, prendendo uma às outras com fita isolante, em série. Isso ocasionaria um pouco mais de trabalho, pois seria preciso conectar os fios aos polos das pilhas externas da associação. Sempre verificar se o conjunto assim montado está funcionando adequadamente.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Fita isolante utilizada para manter a conexão entre as pilhas e entre fios e pilhas.

Detalhes:

Às vezes as lâmpadas não acendem por problemas de mal contato nas conexões entre as pilhas, em especial em conexões como as da Figura 9, por isso proponho, sempre que possível, disponibilizar suportes para o “encaixe” das pilhas; também poderão ocorrer eventuais problemas nos suportes das lâmpadas (soldas que se quebram, por exemplo), então teste tudo antes!

Sempre proponho primeiro o problema das lâmpadas ficarem “fracas”, ou seja, com pouca luminosidade (Figura 10), pois este é mais fácil de ser resolvido, comparado ao problema de conseguir com que as lâmpadas fiquem com luminosidade adequada.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Lâmpadas associadas em série para produzir baixa luminosidade.

Então, após os alunos resolverem o problema da pouca luminosidade, você deve propor o problema mais desafiador (Figura 11):

Como iluminar muito com duas lâmpadas?

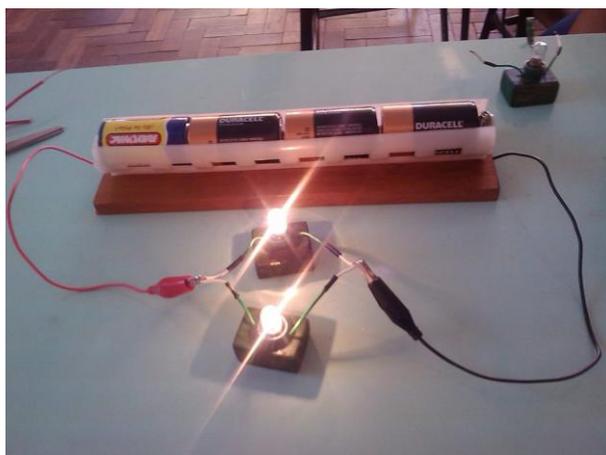


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Associação de lâmpadas em paralelo produzindo grande luminosidade.

5º ENCONTRO

Atividade: O problema do Arco-íris.

Problema proposto:

Como fazer um arco-íris com este material?

Materiais distribuídos:

- Prato fundo ou bacia plástica;
- Água;
- Um pedaço retangular de espelho (10 cm x 3 cm) fixado em uma dobradiça;
- Cartolina branca;
- Para funcionar, a experiência necessita de um ingrediente especial: raios solares diretos.

Imagens dos materiais distribuídos:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Prato e dobradiças com retalhos de espelho colados.

Na Figura 12 temos um prato fundo e duas dobradiças em que foram fixados pedaços retangulares de espelho (retalhos). Creio ser possível observar pela imagem que uma das dobradiças está com o espelho voltado para baixo. Na imagem não aparece a cartolina, que será usada como anteparo.

Materiais alternativos:

Podemos tranquilamente substituir a dobradiça com espelho por um CD e, neste caso não precisaríamos utilizar a água, bastaria deixar os raios solares incidirem no CD e projetar o arco-íris em um local, que poderá ser na cartolina, na parede ou no cabelo de uma colega (Figura 13).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Arco-íris obtido utilizando um CD e projetado no cabelo de uma das alunas.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Arco-íris obtido utilizando mangueira de jardim.

Materiais extras:

Quando trabalhamos com o problema do arco-íris é muito interessante fornecer aos alunos uma mangueira utilizada para regar as flores no jardim e, com ela, também produzir belos arco-íris.

Imagem do material extra:

A Figura 14 mostra a imagem de um arco-íris obtida com uma mangueira de jardim em um dia ensolarado.

Detalhes:

Os alunos conseguem obter um arco-íris, todavia em determinadas ocasiões não conseguem acertar a visualização, pois este pode estar sendo projetado em uma direção que não enxergam. Por isso é muito importante a utilização da cartolina, pois esta serve como anteparo para a projeção da imagem.

Quando substituimos o espelho pelo CD é possível obter um arco-íris na forma de uma circunferência completa. Este fato novo pode trazer algum desconforto para a mediação do professor na etapa das explicações causais.

Quando utilizar a mangueira de jardim, você deverá ficar de costas para o Sol, assim conseguirá visualizar o arco-íris.

É interessante, antes de propor o problema, conversar um pouco a respeito do arco-íris, perguntar se os alunos já visualizaram um arco-íris, se sabem alguma história ou lenda a respeito...

6º ENCONTRO

Atividades: O problema dos “carrinhos magnéticos” e o problema da bússola.

Problemas propostos:

Nesse encontro o assunto básico era Magnetismo e, como o título do encontro já deixou claro, foram propostos dois problemas.

Primeiro problema proposto:

O que fazer para um carrinho puxar o outro?

Materiais distribuídos:

- Dois ímãs em forma de barra;
- Dois carrinhos de brinquedo;
- Fita adesiva.

Imagens dos materiais distribuídos:

A Figura 15 mostra claramente os dois carrinhos utilizados para obter a solução do problema proposto, assim como os dois ímãs.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Aluno tentando resolver o problema dos carrinhos.

É interessante destacar que a tentativa de solução ocorre no piso da sala de aula.

Materiais alternativos:

Utilizamos carrinhos da marca *Hot Wheels*. É possível utilizar outra marca de carrinho, entretanto por esta ser uma marca bastante difundida no mercado nacional, provavelmente boa parte de seus alunos terão facilidade de conseguir.

Detalhes:

Ocorreu várias vezes de solicitar que os alunos organizassem os ímãs para que um carrinho puxasse o outro, entretanto em algumas ocasiões observou-se o contrário, um carrinho empurrando o outro. Se fossem crianças, seria possível alguém levantar a hipótese que os ímãs estavam “estragados”, contudo entre adolescentes e adultos até hoje não observei tal hipótese.

Pelo que acima foi apresentado, é possível você propor outro problema:

Como fazer para um carrinho empurrar o outro?

Para este problema, o ideal realmente é trabalhar com ímãs em forma de barra e utilizar carrinhos que as rodinhas não travem facilmente, caso contrário a força de atração ou repulsão magnética não será suficiente para movimentá-los. Atente para o fato que existe atrito entre as rodas dos carrinhos e a superfície de contato, logo isto pode dificultar a movimentação dos carrinhos.

Passarei agora a apresentar a segunda parte deste encontro. Antes de propor o problema, é necessário construir uma bússola. Logo após sua construção, perguntamos:

Segundo problema proposto:

Como fazer para a bússola mudar sua orientação?

Materiais distribuídos:

- Uma agulha de costura;
- Um ímã retangular;
- Recipiente para colocar água (prato ou pote de margarina);
- Fita adesiva;
- Pedaco de isopor.

Imagens dos materiais distribuídos:

Como todos os materiais listados acima são populares, com exceção do ímã retangular, irei apenas apresentar a imagem deste (Figura 16) e partirei para as etapas da construção da bússola:



Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - Ímã retangular.

- 1º Coloque água no recipiente;
- 2º Coloque a agulha no recipiente e observe;
- 3º Retire a agulha do recipiente, utilize um papel para enxugar a agulha, pode ser até mesmo uma folha de jornal;
- 4º Coloque a agulha novamente no recipiente e observe;
- 5º Retire a agulha do recipiente, utilize o papel para enxugar a agulha;
- 6º Passe o ímã na agulha, sempre na mesma direção e no mesmo sentido;
- 7º Prenda a agulha no isopor;
- 8º Coloque a agulha presa no isopor em contato com a água.

Materiais alternativos:

O isopor pode ser substituído por um pedaco de rolha, destas usadas em garrafas de vinho, entretanto rolhas são duras e difíceis de fixar a agulha. Podem representar risco de as crianças se ferirem. Logo, tente evitá-las.

Materiais extras:

É extremamente importante que os seguintes materiais extras sejam disponibilizados: um pedaco de fio cabinho (o mesmo utilizado nas conexões entre lâmpadas e pilhas) e uma pilha para cada grupo.

Imagem do material extra:

Note, ao observar a Figura 17, o quanto os materiais extras propostos são de fácil aquisição tanto sob o ponto de vista do aspecto financeiro, como da disponibilidade no mercado.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. -
Pilha grande e pedaço de fio cabinho.

Detalhes:

Em virtude dos alunos terem confeccionado suas bússolas, estes já sabiam como elas funcionavam, de modo que chegar à solução do problema proposto foi muito simples.

Trabalhar com bússola permite construir noções a respeito de campo magnético terrestre, inclusive facilita a compreensão das auroras boreal e austral. Entretanto o que para mim é espetacular é a possibilidade de, através de um experimento tão simples como o que Oersted fez, encontrar a relação entre eletricidade e magnetismo.

O experimento de Oersted está detalhado nos *Textos Auxiliares*, porém quando disponibilizamos o pedaço de fio e a pilha para movimentar a bússola, ou seja, para provocar nesta uma nova orientação, estamos nos reportando a esse experimento que marca consideravelmente a evolução da Física, pois antes dele não era possível enxergar a relação entre eletricidade e magnetismo.

Basicamente para reproduzi-lo, deve-se alinhar o fio com a agulha da bússola, ou seja, fazer com que ambos fiquem paralelos. Logo após, conecte os terminais do fio às extremidades da pilha. Quando passar corrente pelo fio, a agulha formará um ângulo de 90° (aproximadamente) com o fio. Ligue e desligue o fio várias vezes para observar o movimento frenético da agulha.

7º ENCONTRO

Atividade: O problema das várias imagens.

Problema proposto:

Como poderemos obter várias imagens de uma borracha, utilizando dois espelhos?

Materiais distribuídos:

- Dois espelhos planos (13 cm x 18 cm);
- Uma borracha.

Imagens dos materiais distribuídos:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Dois espelhos planos de mesmas dimensões e uma borracha comum.

Materiais alternativos:

Para permitir a solução do problema, o único material que você poderia substituir na Figura 18 é o objeto (borracha) que fica entre os espelhos por outro objeto. Na investigação, um grupo de estudantes trocou a borracha pelo apontador (Figura 19).

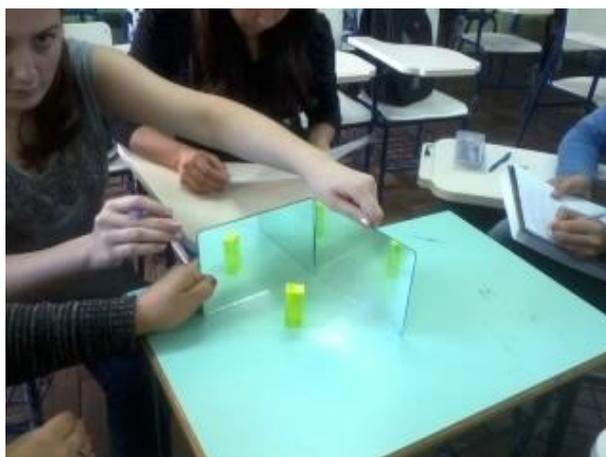


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Alunas resolvendo o problema das imagens.

Materiais extras:

Nenhum material extra é proposto.

Detalhes:

Quando trabalhamos com espelhos, mesmo que estes tenham os cantos polidos, existe a necessidade de lembrar que os estudantes tomem cuidado ao manuseá-los.

É possível chegar a uma equação que nos fornece o número de imagens em função de um determinado ângulo entre os espelhos – esta dedução encontra-se nos Textos Auxiliares.

Além de um número finito de imagens, podemos conseguir um número infinito delas, basta associar os espelhos em paralelo. Se você quiser que os alunos também obtenham esta situação, quem sabe você propõe o seguinte problema:

Como fazer para conseguir uma quantidade tão grande de imagens de uma borracha, de maneira que não conseguimos contá-las?

8º ENCONTRO

Atividades: O problema da reflexão da luz e o problema da reflexão da imagem dos objetos.

Devido à pouca complexidade dos problemas, foi possível trabalhar dois neste encontro.

Primeiro problema proposto: (CARVALHO, 2009)

Como é que a gente pode fazer para iluminar este apontador, que está atrás do caderno, usando somente estes dois espelhos?

Materiais distribuídos:

- Dois espelhos planos (13 cm x 18 cm);
- Uma luminária com lâmpada;
- Um apontador;
- Um anteparo (livro, caderno, bolsa, ...)

Imagens dos materiais distribuídos:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Posição adequada dos objetos.

Na Figura 20, os objetos foram assim posicionados: a luminária por possuir garra pode ser presa à mesa, no centro foi posicionado o anteparo (caderno) e mais à direita o objeto (apontador).

Para que seja possível solucionar o problema, o professor precisa antecipadamente posicionar os objetos que **não** deverão ser manuseados na busca da solução do problema proposto. Somente os espelhos que não aparecem na Figura 20 poderão ser manuseados.

Materiais alternativos:

Como material alternativo a sugestão seria fazer uma busca de preço das luminárias, visto que existem grandes diferenças; a que aparece na imagem custou R\$ 21,00 em março de 2015.

É possível também substituir a lâmpada fluorescente por outro tipo de lâmpada. Cabe salientar que foi proibida a comercialização de lâmpadas incandescentes, logo estas não são uma opção viável.

Materiais extras:

Nenhum material extra foi disponibilizado.

Detalhes:

Alguns cuidados devem ser tomados ao manusear os espelhos (que são os mesmos do 7º encontro, por isso não apresentei sua imagem), mesmo que estes tenham suas laterais polidas. Atenção também ao conectar a lâmpada à tomada, uma vez que ela será alimentada por 220 V (no nosso caso) ou 110 V.

Sempre carregue extensões para conectar as luminárias, pois estas apresentam um fio muito curto. Verifique também o tipo de plugue das luminárias e das tomadas da sala, pois podem não ser compatíveis e adaptadores serão necessários.

Deve ficar claro para os alunos que, para resolver o problema proposto, eles **não** podem, sob hipótese alguma, mover a luminária, o anteparo e o objeto que deverá ser iluminado.

Agora, apresentarei a segunda parte da aula.

Segundo problema proposto:

Como fazer para dar uma espiada pela janela (que é alta) sem ter que subir na classe, utilizando um cano plástico, dois joelhos e espelhos que estão no interior dos joelhos?

Materiais distribuídos:

- Um pedaço de cano plástico de 100 mm (1,5 m);
- Dois joelhos de plástico de 100 mm;
- Dois espelhos planos (9,0 cm x 8,2 cm).

Imagens dos materiais distribuídos:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Cano de PVC, dois joelhos, dois espelhos e tubo de adesivo instantâneo.

Na lista de materiais distribuídos (Figura 21) não aparece o adesivo instantâneo, visto que já entrego os joelhos com os espelhos fixados no seu interior.

Materiais alternativos:

Esse instrumento óptico chama-se periscópio, mais detalhes você encontrará nos *Textos Auxiliares*, mais especificamente no texto III – Luz, seção 5.3.1.1. Você também encontra o passo a passo da montagem de um periscópio, com materiais alternativos

(que substituem o cano e os joelhos) no endereço:
http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09_14.asp

Materiais extras:

Nenhum material extra foi distribuído.

Detalhes:

Esse periscópio é muito fácil de construir, também é muito resistente.

Entrego os espelhos já fixados nos joelhos, assim evito os problemas que surgem ao manusear a cola instantânea.

O trabalho dos alunos, para solucionarem o problema proposto, fica reduzido a posicionar os joelhos de forma correta na ponta do cano.

Quando for fixar o espelho no interior do joelho, tente fazer com que o espelho forme um ângulo de 45° em cada parede do joelho.

Ao utilizar o adesivo instantâneo, tenha muito cuidado, pois este, como o próprio nome já diz é instantâneo, sendo assim você terá grande chance de colar seus dedos no espelho.

A sujeira que aparece no espelho da Figura 22 é em decorrência de não ter tido cuidado ao manusear o adesivo instantâneo.

Após colocar o adesivo instantâneo na superfície não refletora do espelho, girei-o para fixar no joelho, neste momento a cola escorreu e foi para a superfície refletora e rapidamente aderiu a esta. Tentei limpar, mas não consegui.

ATENÇÃO: Ocorreu uma situação pior quando coleí meus dedos no espelho. Então, por favor, tome cuidado!

9º ENCONTRO

Atividade: O problema das sombras.

Neste encontro foram propostos três problemas, sendo o primeiro e o segundo muito próximos. O primeiro foi o seguinte:

Primeiro problema proposto:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Detalhe do espelho no interior do cano.

Como poderemos iluminar a parte da frente e de trás da bola de isopor ao mesmo tempo?

Materiais distribuídos:

- Um espelho plano (13 cm x 18 cm);
- Uma bola de isopor grande (25 cm de diâmetro);
- Uma fonte de luz (tipo datashow, retroprojektor ou lanterna);
- Um espetinho de churrasco.

Imagens dos materiais distribuídos:

Na Figura 23 não aparece a fonte de luz, que poderá ser a que você tiver no momento, dentre as citadas acima, e novamente não aparece o espelho plano por razões explicitadas anteriormente.

Materiais alternativos:

O palitinho tipo churrasco pode ser substituído por um barbante e fita adesiva, afinal a função deste é permitir o manuseio da bola de isopor de maneira fácil.

Quanto a substituir a bola de isopor, creio não ter sentido, visto que seu valor no comércio é muito pequeno; entretanto, se você já possui outro objeto de superfície semelhante, fique à vontade.

Materiais extras:

O material extra que poderia ser proposto faz parte do próximo problema: é uma bola de isopor pequena.

Detalhes:

Este problema será muito fácil de ser resolvido principalmente se os alunos já tiverem resolvido o primeiro problema proposto no 8º encontro (iluminar algo oculto atrás de um objeto).

Optar por palitos de madeira ao invés de barbante para suspender a bola de isopor é uma questão de praticidade, ou seja, é mais fácil enfiar um palito no isopor do



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Bola de isopor grande e três espetinhos de madeira.

que fixar o barbante nele e, mais um motivo, você controla melhor a bola de isopor com o palito.

Para desenvolver o segundo problema, precisamos apenas acrescentar ao material já distribuído uma bola de isopor pequena e mais um palito (Figura 24).

Segundo problema proposto:

Como fazer para que a sombra da bolinha pequena cubra, ou envolva, a bola grande?

Materiais distribuídos:

- Uma bola de isopor pequena (6 cm de diâmetro);
- Uma bola de isopor grande (25 cm de diâmetro);
- Uma fonte de luz (tipo datashow, retroprojeto ou lanterna);
- Dois espetinhos de churrasco.

Imagens dos materiais distribuídos:

A Figura 24 detalha os materiais.

Materiais alternativos:

Mesma sugestão do problema anterior.

Materiais extras:

A inclusão da bolinha de diâmetro menor seria o material extra.

Detalhes:

Esse material é excelente para trabalhar as fases da lua e os eclipses. Nos *Textos Auxiliares*, capítulo III – LUZ, seções 7.2 e 7.3 aparece uma rica explicação sobre as fases da lua, assim como sobre os eclipses,

Agora, apresento alguns passos para obtenção das fases da lua com o material que disponibilizamos:

1º Você deve ligar a fonte de luz (lanterna, retroprojeto, datashow,...) e apontá-la para a parede. Importante: se a sala tiver cortinas, puxe-as tornando o ambiente o mais escuro possível.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Duas bolas de isopor com diâmetros diferentes e palitinhos de madeira.

2º Coloque a bola maior em frente à fonte de luz. Importante: se estiver usando palito para suspender a bola de isopor, não se esqueça de conseguir uma base para manter o palito de pé.

3º Utilize um palito ou um pedaço de barbante para suspender a bola menor.

A seguir, indicarei onde colocar a bolinha para conseguir determinada fase da lua:

- i) Ao posicionar a bola menor atrás da maior, mas fora da sombra projetada na parede, teremos a lua cheia;
- ii) Posicionando a bola menor abaixo da maior, teremos a lua em quarto minguante;
- iii) Ao posicionar a bola menor em frente à bola maior, ou seja, entre a fonte e a bola maior, obteremos a lua nova;
- iv) Posicionando a bola menor acima da bola maior, teremos a lua em quarto crescente.

Para a obtenção dos eclipses também movimentamos a bolinha menor. Colocando a bolinha menor atrás da bola maior na região de sombra, temos o eclipse lunar. Entretanto, se posicionarmos a bolinha entre a fonte de luz e a bola maior, iremos obter o eclipse solar.

Chegamos ao último problema proposto neste encontro.

Terceiro problema proposto:

Como construir sombras coloridas com o material disponível?

Materiais distribuídos:

- Três luminárias com garra;
- Três lâmpadas de led 2,2 W – 220 V (verde, vermelha e azul);
- Um anteparo (qualquer objeto);
- Cartolina branca;
- Três lápis de cor (verde, vermelho e azul);
- Duas carteiras escolares;
- Extensão elétrica.

Imagens dos materiais distribuídos:

Na Figura 25, os objetos já se encontram organizados de modo a ser possível obter as sombras coloridas. Estou querendo dizer que eles devem ser organizados antes de serem entregues aos alunos.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Três luminárias, anteparo e cartolina posicionados para obtenção das sombras coloridas.

Materiais alternativos:

Foram utilizadas lâmpadas de led, entretanto podem ser substituídas por lâmpadas fluorescentes, que são economicamente mais viáveis. O anteparo pode ser o que for mais conveniente.

Materiais extras:

Recomendo a utilização de uma parte da vassoura, utilizada no arremate das cerdas (Figura 26). Este material torna mais claro a adição das luzes, possibilitando formar a luz branca.

Imagem do material extra:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Arremate que foi retirado de uma vassoura.

Detalhes:

Para começar, é indispensável que o professor já deixe os materiais em suas devidas posições (Figura 25). A obtenção das sombras coloridas deve ser orientada. Uma sugestão de orientação seria a seguinte:

1º Solicite que criem e marquem na cartolina a sombra individual de cada lâmpada que está na luminária. Para isto os alunos precisam ligar uma das luminárias, marcar a sombra do objeto na cartolina com determinado lápis de cor, depois desligar a primeira luminária e ligar a segunda, repetindo o mesmo processo até obter a sombra da terceira e última luminária;

2º Observar atentamente as marcas obtidas na cartolina;

3º Só agora o professor propõe o problema para obter as sombras coloridas.

Você perceberá que obter as sombras é razoavelmente simples, quando comparado a tentar construir uma resposta cientificamente aceita. Para este fim sugiro uma leitura minuciosa dos *Textos Auxiliares*, no capítulo III – LUZ seção 8.1 assim com assistir a palestra que esta disponível neste endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=AYU6fV4Doxg>

Quanto ao material extra, ele é fascinantemente simples de ser utilizado e tem uma capacidade ímpar para trabalhar a teoria das cores (Figura 27).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Imagem obtida com a utilização do material extra.

10º ENCONTRO

Atividades: O problema do feixe de luz e o problema do bonequinho que virou carrinho.

Neste último encontro também foram propostos dois problemas, sendo o primeiro de responsabilidade dos estudantes e o segundo de responsabilidade do professor. O primeiro foi o seguinte:

Primeiro problema proposto:

Como curvar um feixe de luz?

Materiais distribuídos:

- Uma garrafa pet com água;
- Um balde;
- Um canudo fino;
- Laser vermelho ou verde.

Imagens do material utilizado:



Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - Garrafa pet com cano fino acoplado e dois lasers.

Materiais alternativos:

Na Figura 28, poderíamos substituir a garrafa pet por outra garrafa, desde que também seja possível enxergar o seu interior; já o laser não deve ser substituído por outra fonte de luz monocromática.

Materiais extras:

Nenhuma indicação.

Detalhes:

O primeiro ponto é que o canudo fino que está fixado na garrafa pet não precisa ser disponibilizado, ou seja, não precisamos do canudo para solucionar o problema.

Para que o feixe de luz fique “aprisionado” na água que está saindo da garrafa é necessário incidir a luz exatamente no orifício por onde sai a água.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Grupo de alunos solucionando o problema.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Posição correta do laser para obter o efeito desejado.

Após a execução das atividades (Figuras 29 e 30) que permitiram solucionar o desafio, chegou o momento de propor o último problema da capacitação investigativa.

Segundo problema proposto:

Como fazer, mediante o material disponibilizado, um carrinho virar um bonequinho e vice-versa?

Materiais distribuídos:

- Uma caixa de sapato pintada de preto;

- Um carrinho;
- Um bonequinho;
- Um pequeno circuito elétrico contendo dois leds azuis, um potenciômetro, fios cabinho, dois resistores e um carregador de celular;
- Um pedaço de vidro liso retangular (9 cm x 30 cm).

Imagens do material utilizado:



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Componentes eletrônicos utilizados.

Identificamos, na Figura 31, da esquerda para direita: fio cabinho branco, dois leds, dois resistores, um potenciômetro de 20 k Ω e, embaixo, um carregador de celular.

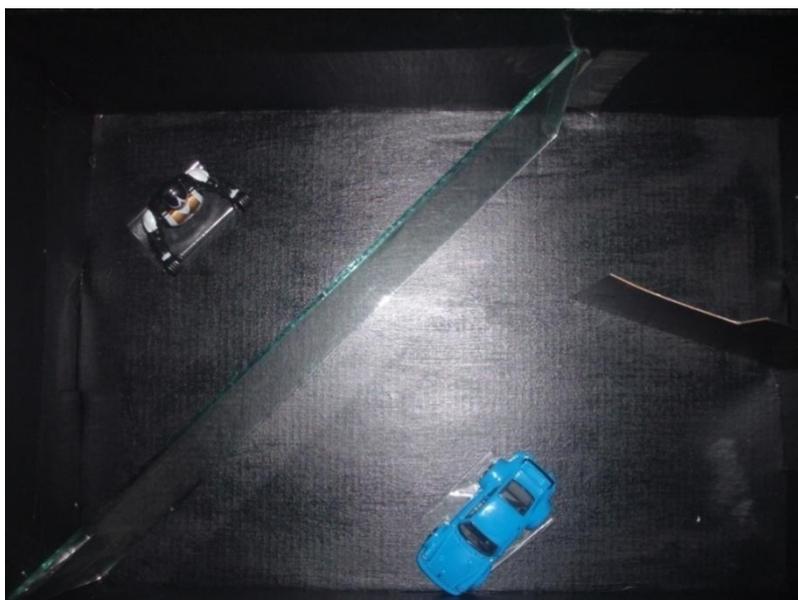


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Visão da parte interna da caixa.

A Figura 32 mostra o carrinho e o bonequinho já em suas posições para produção do efeito desejado, assim como a lâmina de vidro retangular.

Materiais alternativos:

É possível substituir tanto o carrinho quanto o bonequinho por outros objetos; o vidro pode ser substituído por uma lâmina de plástico.

Material extra:

Não foi disponibilizado material extra.

Detalhes:

O circuito elétrico necessário para o funcionamento é fixado na tampa da caixa.

Os leds ficam presos pelos fios na tampa da caixa e devem ficar posicionados um sobre o bonequinho e o outro sobre o carrinho.

Uma sugestão de como ligar o potenciômetro aos outros componentes é mostrada na Figura 33.

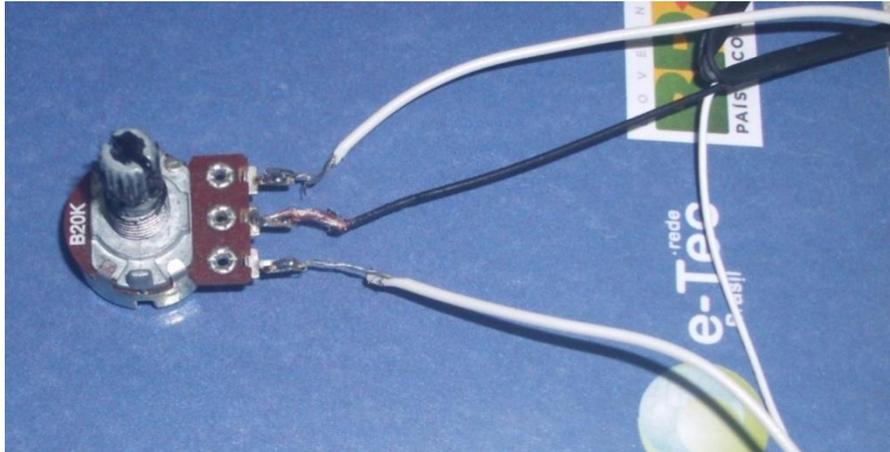


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Instalação do Potenciômetro.

Observe que o potenciômetro possui três pontas ou três pinos. Na imagem aparecem quatro fios, três brancos e um preto. Os dois fios centrais pertencem ao carregador, mas note que só um dos fios do carregador é conectado (o preto). Em cada pino lateral do potenciômetro está ligado um fio branco, que é conectado a um led.

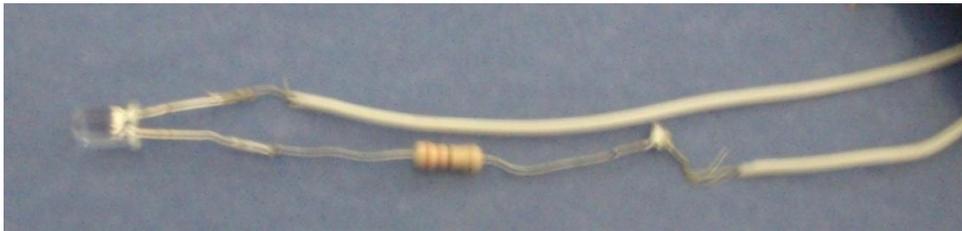


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Led conectado ao resistor e a dois fios.

Na Figura 34, o fio superior do led é o mesmo fio que está conectado a um dos pinos laterais do potenciômetro. Esta mesma situação também deve ocorrer com o outro led. Agora, lembre que um dos fios do carregador (o branco) **não** foi conectado ao potenciômetro. Este fio deve ser conectado à extremidade do led que contém o resistor. Então, a extremidade de cada led que contém o resistor deverá ser ligada ao fio branco do carregador. Utilizei solda para fazer as conexões, mas é possível utilizar fita isolante.

A caixa fechada é mostrada na Figura 35, vista de uma de suas faces menores. É por este buraco que o estudante deve observar o interior da caixa. Apenas uma das faces tem o buraco.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Face lateral da caixa, com um buraco.

A Figura 36 revela que uma parte do potenciômetro fica para fora da caixa. Devemos girar esta ponta para esquerda ou para direita. Toda vez que fizermos esta ação um led fica “mais forte que o outro”, isto é, um led vai diminuindo a luminosidade enquanto o outro, ao mesmo, tempo vai aumentando sua luminosidade.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Vista da parte de cima da caixa.

Depois de toda a construção, não vá se esquecer de ligar o carregador à tomada!

Minha sugestão é entregar a caixa pronta aos alunos. E mais, quando trabalhei com esta, fiz um encaminhamento um pouco diferente, ou seja, a metodologia da aula mudou um pouco.

Diferente dos outros encontros, onde sempre comecei com um problema, desta vez coloquei a caixa preta sobre a mesa e solicitei que um a um os discentes olhassem pelo orifício da caixa, dizendo o que lá enxergavam (carrinho ou bonequinho). É claro que sempre que um novo aluno/a espiava pelo orifício, eu mudava a intensidade da

iluminação sobre os objetos. Ficou muito engraçado, pois, por exemplo, o primeiro aluno enxergava um carrinho, o segundo um bonequinho, o terceiro um carrinho...

Depois de várias observações, abra a caixa e fique um bom tempo discutindo a respeito de como o truque é feito, assim é possível conversar sobre luz, diferentes tipos de fontes de luz, reflexão e refração da luz.

TEXTOS AUXILIARES DE CONHECIMENTO FÍSICO

I - PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

1. Introdução

Vamos começar nossos estudos sobre processos de eletrização com algumas indagações que serão respondidas imediatamente; entretanto serão respostas breves e diretas, que devem ser completadas, aperfeiçoadas, lapidadas no decorrer desta leitura.

– Você já tomou um choque ao encostar-se à lataria de um veículo num dia muito seco?

Se a resposta foi sim, aqui vem uma breve explicação: a lataria do carro transferiu cargas elétricas para o seu corpo¹, mas, quando ocorre esta transferência, o corpo reage a este estímulo propiciando uma sensação que denominamos choque.

– E essas cargas vieram de onde? Teriam origem na bateria do carro mal instalada?

Provavelmente não, afinal observamos o mesmo fenômeno quando objetos são movimentados em contato com o ar.

O que aconteceu foi o seguinte: durante o movimento do carro, este acumulou cargas elétricas em sua superfície devido ao atrito com o ar. E mais, não perdeu, nem mesmo doou esta carga elétrica para a Terra, devido a seus pneus serem feitos de um material isolante. Logo, quando você encostou no carro, esta carga que não tinha para onde ir (e cá para nós, como são cargas elétricas do mesmo sinal, não suportam ficar juntas) foi transferida para seu corpo. Daí a sensação do choque fisiológico.

Ao observar a resposta contida no parágrafo anterior, alguns conceitos surgiram: cargas elétricas, atrito, material isolante... Buscando ajudar o estudante a esclarecer estes e outros conceitos, montei o texto a seguir.

2. Síntese histórica da Eletricidade

¹ Poderia ser do corpo para a lataria também, por exemplo, ao fazer uso de uma camisa sintética.

Esta interessante história tem origem quando o matemático e filósofo grego Tales de Mileto (640-546 a.C.) observou que ao atritar uma resina fóssil (o âmbar²) e um tecido ou pele de animal, a primeira adquire a capacidade de atrair pequenas penas de aves ou pequenos pedaços de palha.

Você pode observar a manifestação deste mesmo fenômeno substituindo o âmbar por um cano de PVC e a pele de animal por um pedaço de lã.

Durante mais de vinte séculos, as descobertas de Tales de Mileto não sofreram alterações. Contudo, no final do século XVI, o físico e médico da rainha Elizabeth I da Inglaterra, William Gilbert (1540-1603), reproduziu a experiência do âmbar utilizando outros materiais. Estes resultados foram publicados no livro *De magnete*³.

O físico alemão Otto von Guericke (1602-1686), ao reproduzir as experiências de Gilbert, verificou haver a existência de duas espécies de corpos elétricos. Atribui-se a ele a construção da primeira máquina eletrostática da história.

Stephen Gray (1666-1736), em 1729, descobriu que um corpo poderia adquirir a capacidade de atrair outros objetos mediante contato com um material que já possuía esta propriedade. O interessante é que nesta mesma época, um experimento feito por Charles François Du Fay (1698-1739) permitiu chegar a uma conclusão fantástica: um bastão, após ter sido atritado, era aproximado de uma fina folha de ouro; logo este bastão atraía a folha; porém, ao entrar em contato com o bastão, a folha era repelida. Esta última observação fez com que Du Fay sugerisse “[...] a existência de duas espécies de “eletricidade”, que denominou eletricidade vítrea e eletricidade resinosa” (BÔAS *et al.*, 2010, p. 11).

O inventor do para-raios, Benjamin Franklin (1706-1790), criou os termos eletricidade positiva e eletricidade negativa para explicar uma nova teoria.

3. Carga elétrica

² Âmbar em grego é escrito como *élektron*, deste fato a origem das palavras *elétron* e *eletricidade*.

³ Em *De magnete*, é feita uma distinção entre a atração exercida por materiais eletrizados por atrito e a atração exercida por ímãs.

Gray percebeu, ainda, que alguns fios que utilizava em seus experimentos conduziam bem a eletricidade, já outros, não. A estes que conduziam bem a eletricidade denominou **condutores**, aos outros denominou **isolantes**.

Como exemplos de condutores podemos citar o alumínio, o ferro, o cobre, ou seja, alguns metais; como isolantes, podemos citar a borracha, o vidro, a madeira, a seda, o enxofre.

Como já comentamos anteriormente, Du Fay, a partir de suas experiências, percebeu que os materiais comportam-se basicamente de duas formas: dois bastões de vidro ao serem atritados com lã, passavam a se repelir; mas se atritássemos um bastão de vidro e um bastão de resina, com um pedaço de lã, ambos os bastões atraíam-se. Claro que Du Fay repetiu este procedimento com outros materiais e observou que uns comportavam-se como os bastões de vidro e outros como a resina.

O princípio da atração e repulsão teve origem nos estudos de Du Fay e será enunciado a seguir conforme nomenclatura da época:

Corpos com eletricidade do mesmo tipo se repelem e corpos com eletricidade diferente se atraem.

Por enquanto estamos trabalhando com o termo eletricidade, que em seguida será substituído por “carga elétrica”.

A poucos parágrafos atrás escrevemos que Franklin criou os termos eletricidade positiva e eletricidade negativa. Não podemos ser ingênuos e achar que esta troca de nomes foi gratuita, claro que não! Como ele tinha elaborado a teoria do **fluido elétrico**, precisava destes novos termos para fundamentá-la. Conforme essa teoria, existindo um excesso de fluido, o corpo repetia o comportamento de um vidro quando atritado com lã, isto é, ficava com eletricidade positiva⁴. Entretanto se o corpo comportava-se como quando uma resina é atritada com lã, logo apresentaria uma falta de fluido, ficando com eletricidade negativa⁵. Ainda segundo esta teoria, o corpo poderia apresentar uma quantidade normal de fluido elétrico, então estaria neutro.

⁴ Fluido elétrico a mais.

⁵ Fluido elétrico a menos.

Essa ideia de fluido elétrico e de dois tipos de eletricidade permaneceu por muito tempo, até que em um determinado momento uma nova teoria foi aceita para explicar a natureza dos fenômenos elétricos. Mas, é claro que as mudanças de teoria não aconteceram abruptamente, hoje é assim, amanhã não vale mais. A teoria do fluido elétrico começou a cair após a descoberta do elétron em 1897.

Todavia estas mudanças começaram em 1897 e só foram concretizadas realmente quando foi possível entender um pouco melhor a estrutura atômica por volta do início do século XX.

Com a evolução dos modelos atômicos, ficou cada vez mais claro que todos os corpos são constituídos por **átomos**. Já os átomos são constituídos por prótons, elétrons e nêutrons.

Estudando-se experimentalmente os fenômenos elétricos foi possível verificar que em alguns experimentos os prótons e os elétrons apresentam comportamentos elétricos opostos. De maneira bem simples, se o elétron for desviado para cima, o próton será desviado para baixo, se um for para a esquerda, o outro vai para a direita.

Em função destes comportamentos foi possível definir carga elétrica com sendo um dos atributos dessas partículas, ou seja, definiu-se que estas partículas têm uma propriedade chamada *carga elétrica*. Ficou assim convencionado: prótons são os portadores de carga elétrica positiva, já os elétrons são os portadores de carga elétrica negativa e os nêutrons possuem carga total nula.

Hoje admitimos que as partículas negativas, os elétrons, podem se movimentar com enorme facilidade, portanto quando um objeto, inicialmente neutro, fica eletrizado, é devido a uma falta ou excesso de partículas negativas. Um corpo com excesso de elétrons está eletrizado negativamente, já um corpo com falta de partículas negativas, está carregado positivamente. Esse ponto deve ficar muito claro, nos referimos aos elétrons, pois são estes que tem a “facilidade de locomoção”. Numa linguagem mais trivial: abundância de elétrons equivale a corpo eletrizado negativamente, falta de elétrons gera um corpo eletrizado positivamente.

4. Eletrização por Atrito

Finalmente temos condições de entender este tipo de eletrização, que começou lá com Tales de Mileto.

De forma bem simplificada, quando duas substâncias de composição diferentes são atritadas, os portadores de carga negativa migram de um dos corpos para o outro, ficando o corpo que doou os portadores de carga negativa carregado **positivamente**, já o corpo que recebeu os portadores de carga negativa carregado **negativamente**.

Os corpos sempre ficam carregados com cargas de sinais contrários, mas com mesmo módulo. Ficou confuso o termo módulo? Vamos esclarecer, através de um exemplo.

Ao se atritar algodão com um cano de PVC, constatamos que o algodão fica eletrizado positivamente e, portanto, o PVC fica eletrizado negativamente. Além disso, se a lã ficou com um excesso de 16 cargas positivas, o PVC ficou com um excesso de 16 cargas negativas. Observe a imagem (Figura 1).

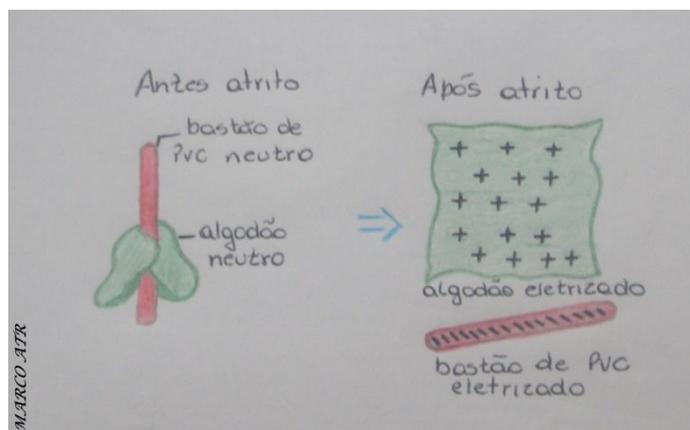


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação antes do atrito e após o atrito.

Nestes experimentos cotidianos, o fato das cargas sempre aparecerem em quantidades positivas e negativas iguais indica outra propriedade importante das cargas elétricas: cargas não são criadas ou destruídas. O atrito apenas separa cargas já existentes nos materiais.

Contudo, agora pode ter surgido outra dúvida: como sabemos quem fica carregado com tal sinal de carga? Por que a lã ficou positiva e o PVC negativo? E se fosse lã e vidro?

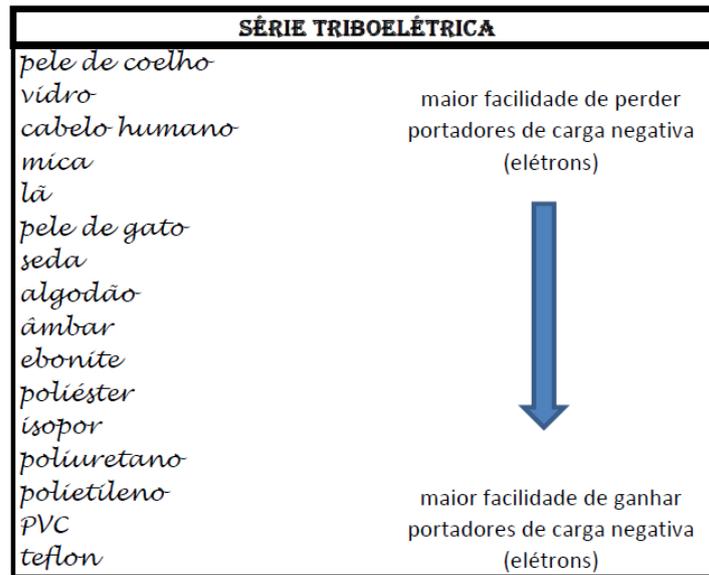


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Série Triboelétrica.

Para ajudar nestas questões foi criada uma lista chamada **série triboelétrica** (Figura 2). Ela ordena alguns materiais conforme a sua facilidade de **perder** portadores de carga elétrica negativa.

Os materiais que perdem portadores de carga elétrica negativa ficam positivos e os que ganham esses portadores ficam negativos.

Para exemplificar, vamos supor que queiramos atritar lã e PVC. Pela tabela, a lã que tem maior facilidade de doar, ficaria carregada positivamente e o PVC ficaria carregado negativamente. Outro exemplo: vamos supor que queiramos agora atritar lã e vidro. Então, neste caso, observando a tabela acima, a lã ficaria carregada negativamente e o vidro ficaria carregado positivamente.

Um outro detalhe importante: se o corpo atritado é feito de um material isolante, o excesso de carga que surge em função da eletrização fica confinado na região onde houve o atrito, ou seja, se você atritou a lã na ponta do bastão, o excesso de carga fica nessa porção e na região da lã que tocou no bastão.

Agora, se atritarmos um bastão de cobre (que é um condutor) com um pedaço de lã, o excesso de carga irá se espalhar por todo o condutor. E mais, se estiver segurando diretamente o material condutor, a carga também irá se distribuir pelo seu corpo. Para manter o excesso de carga no condutor, devemos segurá-lo, por exemplo, com uma luva de plástico que é isolante.

Outro termo muito importante que precisamos ter conhecimento quando estudamos a respeito de eletrização é o **aterramento**. Aterrar para a Física significa colocar de alguma forma o corpo em contato com a Terra. Por exemplo, quando estamos eletrizando por atrito um cano de cobre com lã e seguramos diretamente o cano sem utilizar um isolante e, além disso, alguma parte do nosso corpo está em contato com a Terra, podemos dizer que o cano está aterrado. Toda vez que a situação descrita anteriormente ocorrer, o cano de cobre será descarregado. Mas, por que isto acontece? A resposta é de certa forma bem simples, o cano é um condutor, logo o excesso de carga será distribuído por todo o cano chegando até a sua mão. Contudo, o seu corpo também é um condutor e a carga será distribuída pelo seu corpo até chegar à Terra. Esta fuga de portadores de carga elétrica só irá cessar quando o bastão ficar neutro, ou seja, apresentar a mesma quantidade de portadores de carga positiva e negativa.

É importante saber que existem outras formas de eletrizar um corpo além do atrito, como por exemplo, contato, indução, aquecimento, pressão.

Vamos abordar de forma sucinta ainda neste pequeno texto, a eletrização por contato e a eletrização por indução. Não abordaremos a eletrização por aquecimento, conhecida como fenômeno piroelétrico, nem a eletrização por pressão, conhecida com fenômeno piezoelétrico.

5. Eletrização por Contato

Este tipo de eletrização ocorre quando pelo menos dois corpos se tocam e um destes necessariamente encontra-se eletrizado.

É importante saber que estes corpos, agora em contato, formarão um único corpo, logo os portadores de carga irão se distribuir por estes corpos. A carga que ficará em cada corpo após a separação depende da forma e das dimensões destes corpos.

Vamos a um exemplo. Um corpo eletrizado negativamente (ou seja, com excesso de portadores de carga elétrica negativa) é posto em contato com outro corpo neutro (Figura 3). Parte desse excesso de carga elétrica negativa passará para o corpo neutro, que também ficará eletrizado negativamente.

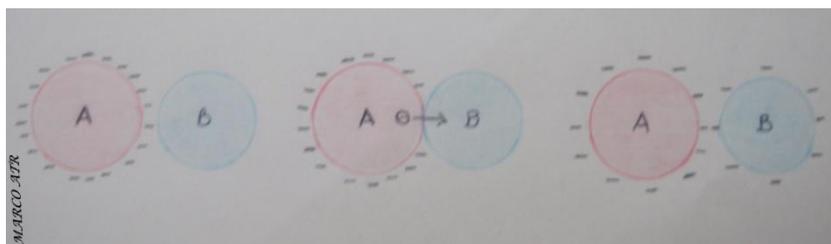


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da eletrização por contato com condutor eletrizado negativamente.

Entretanto, o primeiro corpo poderia estar eletrizado positivamente, logo ele retiraria portadores de carga negativa do corpo neutro, ficando ambos com falta de portadores de carga elétrica negativa, sendo assim os dois ficariam eletrizados positivamente (Figura 4).

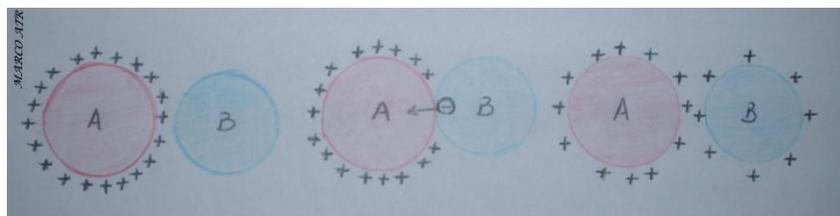


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da eletrização por contato com condutor eletrizado positivamente.

Supondo que tivéssemos um caso muito especial, dois corpos esféricos idênticos, isto é, feitos do mesmo material e de mesmas dimensões, onde um destes corpos estivesse carregado negativamente com uma carga de 10 C (dez coulombs) e o outro neutro. Após o contato, ambos ficariam carregados com a mesma quantidade de carga e mesmo sinal, ou seja, o corpo com carga elétrica no valor de 10 C doaria 5 C de carga para a outra esfera e ficaria com os 5 C restantes.

6. Carga Elementar

A todo o momento estamos nos referindo aos portadores de carga elétrica negativa, ou seja, os elétrons. Todas as quantidades de cargas elétricas que estamos considerando devem ser múltiplas, em módulo, da carga do elétron. Então, quanto vale a carga do elétron?

Prótons e elétrons são partículas muito diferentes. Apesar disso, a carga elétrica de um elétron em módulo é igual à carga elétrica de um próton, devendo ser expressa

em coulombs, e vale $1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 160 \text{ C}$. Este valor, bastante pequeno, é conhecido como carga elétrica elementar (e).

Como um corpo eletrizado apresenta sempre um excesso ou falta de portadores de carga elétrica negativa, o módulo de sua carga elétrica Q é um múltiplo inteiro da carga elementar, ou seja, se você precisar calcular a carga elétrica verificada em determinado corpo, multiplique a quantidade de portadores de cargas elétricas pelo valor da carga elétrica elementar.

7. Eletrização por Indução

Ocorre quando um corpo eletrizado é aproximado (não pode tocar) de um condutor neutro, provocando uma movimentação dos portadores de carga no corpo neutro.

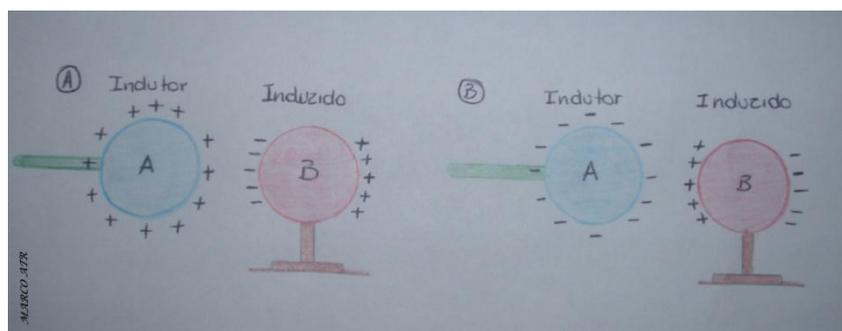


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da indução eletrostática.

Na Figura 5, observamos em **A** um indutor positivo sendo aproximado de um corpo neutro (que terá suas cargas separadas pela aproximação do corpo carregado) e em **B** um indutor negativo sendo aproximado de um corpo neutro.

8. Teria a eletricidade estática um lado bom?

De forma bem direta, sim. Então qual é este lado bom?

Este tipo de eletricidade tem aplicações importantes e estão presentes no nosso cotidiano, como nas fotocopiadoras, impressoras a laser, precipitadores eletrostáticos...

Nas fotocopiadoras, as partículas de toner recebem uma carga negativa, já o papel recebe uma carga positiva apenas nos pontos em que deve receber tinta. Assim, as partículas de toner são atraídas para o papel e fundidas pela alta temperatura, para não

saírem do lugar. De forma análoga, as impressoras a laser usam a eletricidade estática para atrair partículas de toner para os lugares onde o laser incidiu no papel.

Nas indústrias, grandes precipitadores eletrostáticos são utilizados para remover partículas de fuligem e poeira dos gases que serão liberados para o ambiente. Utiliza-se uma grade metálica, que tem a função de atrair as partículas. Quando a fumaça passa pela chaminé, estas partículas viram uma massa sólida e são removidas no momento adequado.

II - CORRENTE ELÉTRICA E RESISTORES

1. Corrente elétrica

Corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas causado por uma diferença de potencial elétrico (ddp) ou tensão elétrica.

Um fio condutor apresenta um movimento desordenado de cargas elétricas, entretanto quando este fio é ligado aos terminais de uma pilha, estas cargas elétricas começam a movimentar-se de forma ordenada (Figura 6).

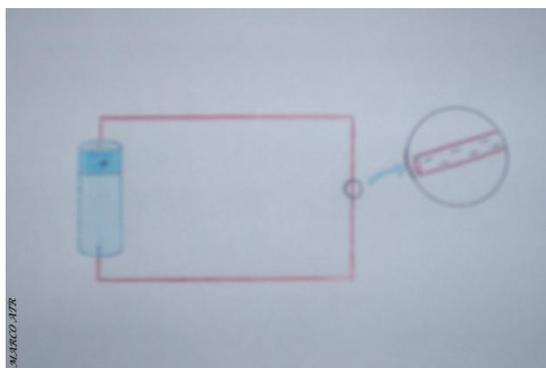


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Movimento ordenado de elétrons livres em um fio condutor, quando as extremidades deste são ligadas aos polos de uma bateria.

1.1 Intensidade de corrente elétrica

É a quantidade de carga que passa pela seção S de um fio dividido pelo tempo em que ocorreu esta passagem.

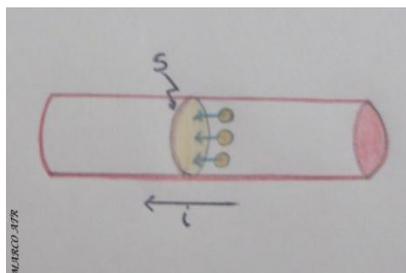


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação das cargas elementares atravessando uma seção transversal do condutor e da corrente elétrica i .

A unidade de corrente elétrica no sistema internacional (SI) é o ampère (A).

2. Circuito Elétrico

Um circuito elétrico dos mais simples possíveis pode ser formado por uma pilha comum, um interruptor, dois pedaços de fio condutor e uma lâmpada.

Levando em consideração a Figura 8, ao ligar o interruptor estabelece-se uma voltagem de 1,5 V entre os terminais da lâmpada, logo uma corrente elétrica começa a percorrer o circuito.

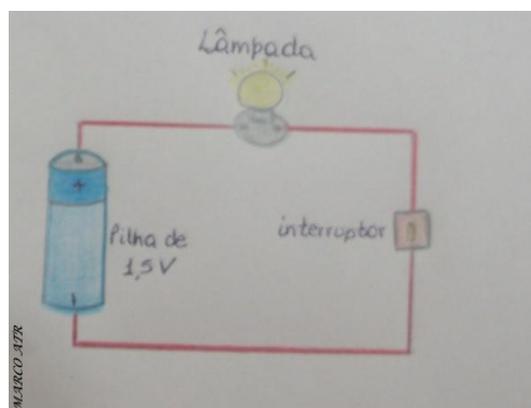


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Exemplo de circuito simples.

Se retirássemos o suporte e a lâmpada do circuito, ligando as pontas do fio diretamente aos terminais da pilha, provavelmente aconteceria o que conhecemos por curto-circuito. Mas, supondo que não ocorresse o curto-circuito, poderíamos obter uma relação entre intensidade da corrente elétrica e voltagem.

Quando as cargas elétricas movimentam-se pelo fio, chocam-se com as partículas que constituem este condutor, então estas cargas “sentem” uma certa resistência ao seu movimento. Essa resistência pode ser grande (ou pequena), isto é, poderá assumir determinado valor que depende exclusivamente das características do condutor, mesmo que a pilha mantenha sempre a mesma diferença de potencial, ou seja, a mesma voltagem. Em linhas gerais, são inversamente proporcionais, ou seja, a corrente elétrica é pequena se a resistência for grande.

O que irá acontecer com a resistência elétrica do circuito da Figura 8, se novamente colocarmos no circuito o suporte e a lâmpada? Com certeza aumentaremos a resistência, visto que o filamento da lâmpada foi projetado para aumentar o choque entre as partículas. Como a resistência do filamento da lâmpada é muito maior que a resistência do próprio fio, desconsideramos a resistência provocada por este último.

Quando dividimos a diferença de potencial (voltagem) pela corrente elétrica, obtemos a resistência elétrica:

$$resistênciae\grave{l}trica = \frac{diferen\c{c}adepotencial}{correnteel\grave{e}trica}$$

A unidade de resistência elétrica no sistema internacional é o ohm [símbolo Ω].

Alguns resistores apresentam uma característica especial: se mesmo quando submetidos a tensões variáveis mantêm o mesmo valor de sua resistência elétrica, são classificados como resistores ôhmicos.

3. Potência Elétrica

Nossos aparelhos eletrônicos sempre apresentam características importantes que trazem de fábrica. Uma delas é a voltagem, que se refere à alimentação que estes podem receber. Por exemplo, se vier especificado no aparelho 110 V e você ligá-lo a uma rede de 220 V, queimará no mesmo instante. Entretanto, pode acontecer o contrário: no aparelho está especificado para 220 V e você o alimenta com 110 V; neste caso, não vai queimar, contudo não funcionará de forma correta. Se for uma torneira elétrica, por exemplo, não vai aquecer a água adequadamente.

Outra característica muito importante é a potência, que mede a energia transformada por segundo pelo aparelho. No sistema internacional a unidade de potência elétrica é o watt [W].

Vamos supor que você adquiriu uma lâmpada fluorescente colorida para realizar o experimento das sombras coloridas, e na caixa constam as informações técnicas mostradas na Figura 9.

Na realidade, essa é a maneira que a empresa que produz determinada lâmpada tem de informar ao consumidor que, se a mesma for ligada à rede de 220 V, consumirá uma potência de 20 W. Em outras palavras, transformará em luz e outros tipos de energia uma quantidade de energia elétrica igual a 20 J (vinte joules) para cada segundo de funcionamento. Fazendo uma pequena regrinha de três, não é difícil descobrir que em dois segundos a lâmpada consumirá uma energia de 40 J, em 60 segundos

INFORMAÇÕES TÉCNICAS	
Potência	20 W
Tensão	220 V
Formato do bulbo	T3
Tipo de base	E27
Luz colorida	Azul
Comprimento de onda	435 nm
Corrente nominal	270 mA
Fator de potência	$\geq 0,5$
Vida mediana	6.000 h
Temp. ambiente	0° a 45°C
Temp. da carcaça	65°C
Frequência nominal	50/60 Hz
Garantia	1 ano

Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Imagem do rótulo da caixa de uma lâmpada

consumirá 1.200 J de energia, já em uma hora (que tem 3.600 segundos) consumirá 72.000 J. Então em uma hora são convertidos 72.000 J de energia elétrica em outros tipos de energia, principalmente em energia luminosa.

Eis que pode surgir a seguinte questão: quem fornece a energia elétrica para o funcionamento adequado da lâmpada? Creio que todos sabem que são as companhias de energia elétrica e estas nos cobram pela energia fornecida. Estas companhias, quando emitem a conta do consumo de energia elétrica, não o fazem na unidade que estamos acostumados, ou seja, ao invés de expressarem este consumo em J (joules), expressam em quilowatt-hora (kWh). Um quilowatt-hora é a energia consumida por um aparelho eletrônico de 1.000 W de potência que ficou ligado durante uma hora.

Estas quatro grandezas físicas: resistência elétrica, corrente elétrica, potência elétrica e voltagem possuem relações muito ajustadas, ou seja, a variação de uma grandeza implica automaticamente a variação de uma ou mais das outras grandezas.

A seguir apresento as relações mais conhecidas, logo as mais utilizadas:

- A potência de um determinado aparelho pode ser obtida multiplicando a corrente elétrica que passa por ele e a voltagem que o alimenta, ou seja,

$$\text{potência} = \text{voltagem} \times \text{corrente}$$

- A diferença de potencial (voltagem) a qual é submetido um aparelho elétrico pode ser obtida multiplicando a resistência elétrica deste aparelho e a corrente que o percorre, ou seja,

$$\text{voltagem} = \text{resistênciae} \text{elétrica} \times \text{correnteelétrica}$$

- Combinando as duas relações anteriores, podemos obter outra relação para a potência elétrica, relacionando-a diretamente ao quadrado da corrente elétrica, ou seja,

$$\text{potênciaelétrica} = \text{resistênciae} \text{elétrica} \times (\text{correnteelétrica})^2$$

4. Circuitos com ligações em série

A Figura 10 representa um circuito em série de três lâmpadas. A partir deste circuito, levando em consideração uma situação idealizada, ou seja, onde não ocorrem perdas de energia, obteremos algumas generalizações.

Como não há perdas de energia, os três elementos do circuito aproveitam toda a energia que é oferecida pela bateria, ou seja, a energia na lâmpada A, mais a energia na lâmpada B, mais a energia na lâmpada C é igual à energia total fornecida pela bateria.

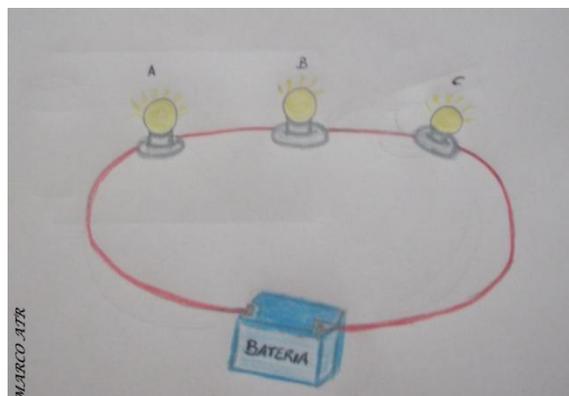


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Três lâmpadas ligadas em série.

A diferença de potencial nos terminais da bateria é dividida entre as lâmpadas, logo a voltagem para lâmpada A, mais a voltagem para a lâmpada B, mais a voltagem para lâmpada C é igual à voltagem nos terminais da bateria.

Na Figura 10, se uma das lâmpadas deixar de funcionar, as outras não acendem, pois com o circuito aberto cessa o fluxo de corrente elétrica nele.

5. Circuitos com ligações em paralelo

Em nossas residências, a maioria das ligações são conectadas em paralelo (Figura 11), o que permite que, ao queimar a lâmpada do quarto, a lâmpada da cozinha siga funcionando. As ligações em vias públicas também são em paralelo, pois já pensou queimar a lâmpada de um poste e a cidade inteira ficar no escuro?

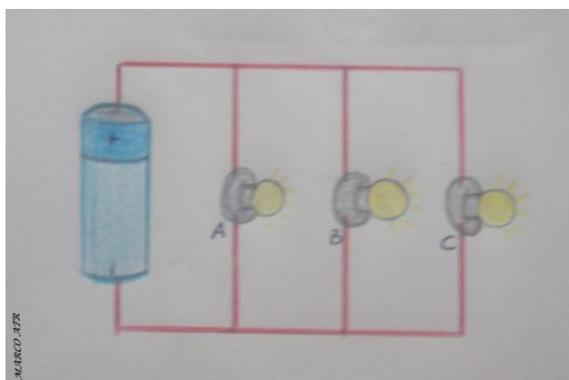


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação de um circuito em paralelo.

Neste tipo de ligação, se a lâmpada A queimar, as outras lâmpadas acendem normalmente, pois todas estão submetidas à mesma diferença de potencial, ou seja, a mesma alimentação é fornecida.

Se a resistência elétrica das lâmpadas for diferente, a corrente elétrica que passa por elas também será, entretanto a voltagem continuará sendo a mesma.

III - A LUZ

1. Um pouco de história

Para nós, adultos, habitantes do planeta Terra em pleno século XXI, parece claro que a visão depende da luz, e que a luz não depende da visão. Mas será que sempre foi assim? E uma criança, será que tem essa concepção?

Os primeiros filósofos gregos não faziam distinção entre luz e visão. Naquela época, não se concebia a luz separada da visão, alguns entendiam que a visão seria ocasionada por minúsculas partículas lançadas pelos olhos sobre os objetos, já outros afirmavam que existiam dois fluxos simultâneos: as partículas emitidas pelo objeto encontravam as partículas emitidas pelos olhos.

Vamos ser compreensivos com essas concepções primitivas, afinal as crianças também as emitem ao brincar. Ou você, quando criança, ao brincar de esconde-esconde, não tapava os olhos e pensava: se eu não consigo ver, também não posso ser enxergado?

Essa concepção inicial que afirmava que a luz dependia da visão fez com que a parte da Física que estuda a luz assumisse a denominação óptica (ou ótica), palavra derivada do termo grego para *visão*.

2. Velocidade da luz

Duas questões referentes à luz sempre intrigaram alguns estudiosos, já na época dos gregos: sua natureza e sua velocidade.

Conta a história que Galileu foi um dos primeiros estudiosos a tentar medir a velocidade da luz, entretanto não foi bem sucedido, visto que por volta de 1635 não havia instrumentos adequados.

Em 1675, após três anos de observação do período de Io⁶, Ole Roemer, astrônomo dinamarquês, conseguiu as primeiras evidências que a velocidade da luz era finita.

⁶ Io é um dos quatro maiores satélites de Júpiter.

O holandês Christian Huygens conseguiu na época determinar o valor para a velocidade da luz. Obteve $2,1 \times 10^8$ m/s, o que corresponde a 2/3 do valor hoje conhecido.

Em 1849, o francês Armand Hippolyte Louis Fizeau criou um método bastante engenhoso para determinar a velocidade da luz e foi bem sucedido. Conseguiu inferir o valor $3,13 \times 10^8$ m/s; não é o valor aceito atualmente, mas chegou bem próximo.

Atualmente existem processos que permitem determinar a velocidade da luz com bastante precisão. Após sucessivas medidas, a velocidade da luz foi definida como tendo o valor exato de $299.792.458$ m/s, o que permitiu, em 1983, a redefinição da unidade de comprimento (o metro).

Outro detalhe, representamos a velocidade da luz pela letra c , que pode ter origem na palavra latina *célere*, que significa rápido. Para situações que envolvem cálculo, utilizamos um arredondamento para a velocidade da luz $c \approx 3,00 \times 10^8$ m/s.

Duas observações muito importantes:

- 1ª A velocidade da luz c é menor nos meios materiais e depende da cor da luz;
- 2ª No ar, a velocidade da luz é um pouco menor do que c , todavia esta diferença é tão pequena que na maioria dos casos pode ser desprezada.

3. A natureza da luz

Após longo debate sobre a natureza da luz, os físicos aceitaram que dependendo da interação com a matéria ou a energia, ela pode ser considerada como um conjunto de partículas ou como ondas eletromagnéticas.

É importante salientar que a luz é uma forma de energia radiante e que geralmente se propaga em linha reta.

Podemos representara a luz irradiada dos objetos através de segmentos de reta orientados, chamados raios de luz, sempre dirigidos do objeto para o observador. Já um feixe de luz é um conjunto de raios de uma mesma fonte de luz. Como tocamos no assunto fonte de luz, salientamos que fontes de luz são objetos que emitem ou refletem luz.

Se a fonte possui luz própria é classificada como fonte de luz primária; por exemplo, uma lâmpada incandescente, o Sol. Uma fonte que não possui luz própria é

classificada como *fonte de luz secundária*; como exemplos temos cadernos, carteiras, pessoas, planetas...

Levando em consideração a dimensão das fontes (seu tamanho), podemos classificá-las em: *fonte de luz pontual*, que é aquela cujas dimensões são desprezíveis em relação ao ambiente considerado, sendo que todos os raios emitidos têm origem nesse ponto; *fonte de luz extensa*, que é constituída por muitas fontes pontuais e, portanto, sua dimensão não é desprezível.

4. *Meios ópticos*

São meios materiais em que se considera a propagação da luz. Conforme a propagação, eles recebem a seguinte classificação:

4.1 *Meio transparente*

É o meio que permite a propagação regular da luz e através do qual os objetos são vistos com nitidez (Figura 12); exemplos: ar, vidro comum.

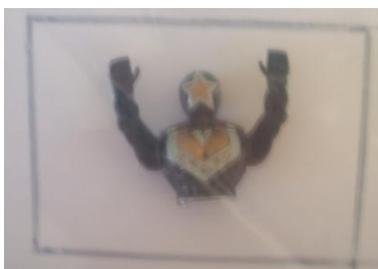


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Meio transparente.

4.2 *Meio translúcido*

É o meio que permite a propagação irregular da luz e os objetos não são vistos com nitidez através dele (Figura 13); exemplos: vidro fosco, papel vegetal.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Meio translúcido.

4.3 Meio opaco

É o meio que não permite a propagação da luz (Figura 14); exemplos: madeira, tijolo.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Meio opaco.

Um meio material é considerado *homogêneo* quando apresenta as mesmas propriedades físicas – composição química, densidade, temperatura, etc. – em toda a sua extensão; caso contrário, é considerado *heterogêneo*. O meio é considerado *isotrópico* quando a propagação da luz independe da direção tomada por ela; caso contrário, admitimos que seja *anisotrópico*.

5. Fenômenos ópticos

Ao estudar os fenômenos ópticos, podemos esclarecer dúvidas que aparecem corriqueiramente no nosso cotidiano: *Para onde segue um raio de luz emitido? O que acontece com a luz que desaparece?*

Quando um feixe de luz incide numa superfície que separa dois meios ópticos podemos identificar pelo menos dois fenômenos: reflexão e refração.

5.1 Reflexão

Entendemos por reflexão o fenômeno que consiste no fato de a luz voltar a se propagar no meio de origem, após incidir na superfície de separação deste com outro meio. Podemos ter a reflexão difusa, em que os raios de luz espalham-se em várias direções, e a reflexão regular ou especular, produzida por espelhos.

5.1.1 Reflexão regular

Ocorre quando um feixe de luz de raios paralelos incide sobre uma superfície perfeitamente polida e é refletido regularmente. Exemplo: luz incidindo num espelho plano (Figura 15).

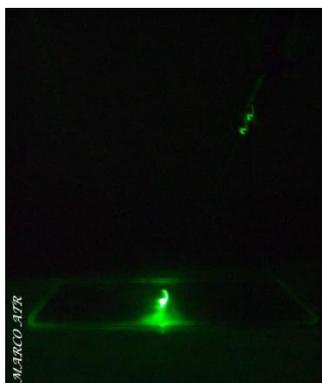


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Laser incidindo numa superfície polida.

5.1.2 *Imagens em espelhos planos*

Muito cedo em nossa vida entramos em contato com espelhos planos. Utilizando-os somos capazes, ainda crianças, de observar as imagens que formam.

Os espelhos planos que temos em casa são constituídos por uma lâmina de vidro de faces paralelas, sendo que em uma destas faces é depositada uma delgada camada de prata.

Vamos supor que colocamos um boneco em frente à face refletora de um espelho plano, como na Figura 16.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da imagem de um boneco num espelho plano.

A imagem obtida se forma “atrás” do espelho, isto é, a distância entre o boneco e o espelho é igual à distância entre o espelho e a imagem. Além disso, a imagem obtida tem as mesmas dimensões do boneco e é direita em relação ao próprio cachorro.

A seguir vamos mostrar como é possível fazer um esquema que permita construir geometricamente a imagem obtida do objeto.

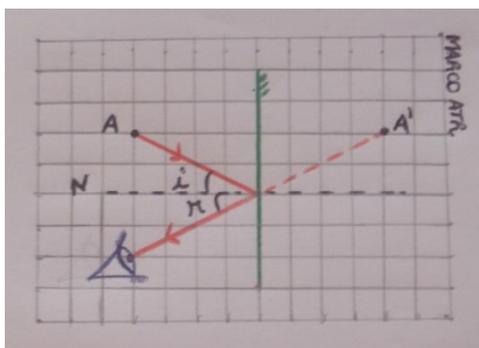


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - O raio refletido pelo espelho tem a direção que passa pela imagem A'.

Na Figura 17, o ponto **A** representa o objeto e o ponto **A'** representa a imagem deste objeto. Como já havíamos comentado anteriormente, **A** e **A'** estão à mesma distância do espelho. Então, sempre que representarmos **A**, já aproveitamos e representamos **A'**. Agora vamos admitir que de **A** parte um raio luminoso e que este incide no espelho, sofre reflexão e atinge o olho **O** do observador. Note que o ângulo de incidência do raio no espelho é igual ao ângulo de reflexão com que o raio emerge do espelho.

A Figura 18 revela que qualquer outro raio de luz proveniente de **A** e que incide no espelho, reflete passando por **A'**. Não esqueça que o observador **O** vê a imagem do objeto, ou seja, ele vê **A'**.

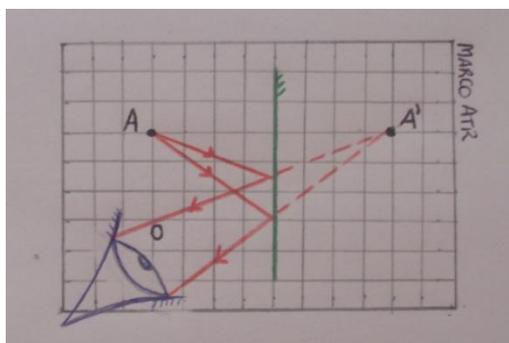


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação esquemática: **A** é o ponto objeto real; **A'** é o ponto imagem virtual.

O ponto imagem A' é definido por raios de luz que emergem do espelho, já o ponto objeto A é definido por raios de luz que incidem no espelho.

Agora um detalhe muito importante: observe que o ponto imagem A' foi obtido a partir do *prolongamento* dos raios que emergiram do espelho, então este ponto imagem é classificado como virtual.

Nos espelhos planos, a imagem não é invertida, todavia troca a direita pela esquerda.

5.1.2.1 Imagens de um objeto entre dois espelhos planos

Dispondo de dois espelhos planos podemos obter inúmeras imagens de um mesmo objeto, para isto basta posicionar os espelhos de forma adequada.

Em primeiro lugar, devemos colocar os espelhos de forma que as superfícies refletoras formem um determinado ângulo. É claro que não devemos nos esquecer de colocar o objeto entre os espelhos. Quando você praticar, observará que quanto menor o ângulo entre os espelhos maior será o número de imagens obtidas.

Na Figura 19, os espelhos estão dispostos formando um ângulo de 90° . Vemos que, com esta disposição, são obtidas três imagens. É possível, através de uma representação gráfica simples, explicar a formação destas três imagens. Brevemente esclarecemos que cada espelho cria uma imagem do objeto e que a terceira imagem na verdade é a imagem da imagem do outro espelho. Gostaríamos de ressaltar outro aspecto: os espelhos dividiram o espaço em quatro setores iguais, isto nos permite dividir 360° por 90° , que resultaria o valor quatro, agora se subtrairmos o valor um, chegaríamos à quantidade de imagens obtidas nesta configuração de espelhos.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Espelhos posicionados formando um ângulo de 90° .



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Objeto não está equidistante dos espelhos.

De modo geral, sempre que fizermos 360° dividido pelo ângulo α entre os espelhos e retirarmos o valor um, teremos o número de imagens formadas com a específica associação de espelhos. Salientamos que isso vale para um divisor de 360° , senão pode dar número quebrado de imagens...

Temos que ter cuidado ao colocar o objeto entre os espelhos. Não estou me referindo a um acidente e, sim, à posição que ficará o objeto entre os espelhos, pois toda vez que a divisão $\frac{360^\circ}{\alpha}$ for um número ímpar, a fórmula $N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$ terá validade apenas se o objeto estiver equidistante, como nos mostra a Figura 20.

No caso da Figura 20, o ângulo entre os espelhos é de 40° . Se fizéssemos a conta, ou seja, dividíssemos 360° por 40° , obteríamos um valor ímpar (9), e não poderíamos posicionar o objeto em qualquer lugar entre os espelhos, isto é, o objeto deverá ficar equidistante dos espelhos para observarmos as oito imagens. Na Figura 20, verificamos que o número de imagens observadas não corresponde àquele fornecido pela fórmula, pois não posicionamos o objeto equidistante dos espelhos. Outro exemplo: na Figura 21, o ângulo entre os espelhos é 45° . Então, fazendo o primeiro cálculo, dividindo 360° por 45° , obtemos 8 (par), correspondendo a sete imagens, o que indica que o objeto pode ficar em qualquer posição em relação aos espelhos. Neste caso a fórmula sempre fornecerá o número preciso de imagens visualizadas.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Objeto está equidistante dos espelhos.

5.1.3 Reflexão difusa

Um feixe de luz paralelo incide numa superfície e volta ao meio de origem, sendo refletido irregularmente (Figura 22). Exemplo: uma parede iluminada pode ser vista com o observador em várias posições devido à reflexão difusa da luz.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Laser incidindo em uma superfície irregular.

5.2 Refração

Já a refração consiste no fato de a luz passar de um meio para outro diferente. Abordaremos também a refração regular e a refração difusa.

5.2.1 Refração regular

O feixe de luz incide numa superfície atravessando-a e continuando sua propagação no outro meio (Figura 23). Isto ocorre quando o meio que recebe a luz é transparente ou translúcido.

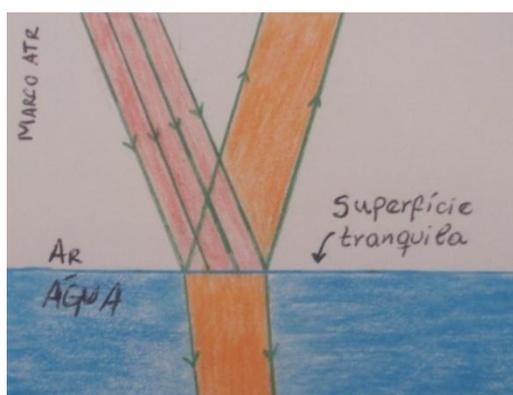


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Reflexão e refração regular da luz.

5.2.2 Refração difusa

O feixe de luz incide numa superfície atravessando-a e continua sua propagação no outro meio, expandindo-se de modo aleatório por todo o espaço (Figura 24).

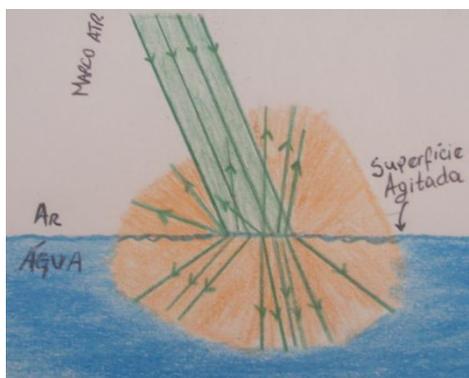


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Reflexão e refração difusa da luz.

As Figuras 23 e 24 mostram os fenômenos de reflexão e refração ao mesmo tempo, visto que estes acontecem juntos quando a luz que viaja no ar e encontra a água.

5.3 Reflexão total

A Figura 25 apresenta uma reflexão total, ou seja, um caso em que não ocorre refração, sendo a luz refletida totalmente. Em outras palavras, a luz verde que está se propagando na água, incide (bate) na superfície superior da água e fica aprisionada, isto é, reflete e continua sua viagem na própria água.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Reflexão total da luz verde na superfície do líquido.

Os estudos sobre reflexão total permitiram desenvolver o que hoje conhecemos como fibras ópticas, que funcionam como condutoras de luz.

Na realidade uma fibra óptica é um fio longo e muito fino, feito de material transparente (que pode ser vidro, plástico ou sílica). A fibra é tão fina quanto um fio de cabelo. Ao redor do material transparente existe uma casca, ou seja, um revestimento geralmente feito de plástico, para garantir uma maior resistência mecânica. Observe que interessante, quando a luz atinge a interface entre o núcleo e a casca, sofre reflexão total. Deveríamos mencionar um tal ângulo limite – o mínimo valor do ângulo de incidência que garante reflexão total –, mas por hora deixamos assim.

Um exemplo de aplicação da fibra óptica na medicina é o exame feito com endoscópio. Além da luz visível, as fibras ópticas podem transportar laser e sinais eletromagnéticos de telefone, TV e internet, sendo que para cada tipo de sinal que se quer transportar existem fibras ópticas feitas de material adequado.

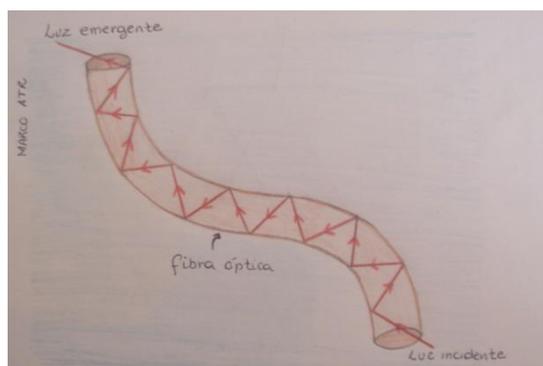


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representações de sucessivas reflexões numa fibra óptica.

A Figura 26 mostra um esquema que representa as sucessivas reflexões totais que ocorrem dentro de uma fibra óptica, onde a luz entra em uma de suas extremidades e emerge na outra.

5.3.1 Prismas de reflexão total

Um prisma óptico é um bloco transparente, de vidro, por exemplo, limitado por duas faces planas e não paralelas. Geralmente os prismas estão em contato com o ar.

Quando a reflexão total da luz ocorre em uma das faces do prisma este é classificado como prisma de reflexão total.

Utilizando dois prismas de reflexão total podemos construir um periscópio.

5.3.1.1 Periscópio

O periscópio capta imagens fora do campo de visão do observador, logo ele é um instrumento óptico que costuma ser utilizado em submarinos, pois permite visões panorâmicas do ambiente externo ao veículo.

Na primeira Guerra Mundial eram utilizados periscópios simples (os prismas são substituídos por espelhos planos), que permitiam aos soldados dentro das trincheiras observarem seus inimigos.

A Figura 27 mostra o esquema de dois periscópios, um produzido com espelhos planos e outro com prismas de reflexão total.

Os raios luminosos vindo do ambiente observado atingem o primeiro espelho que os reflete para o segundo; estes raios são novamente refletidos para o local onde está colocado o olho do observador.

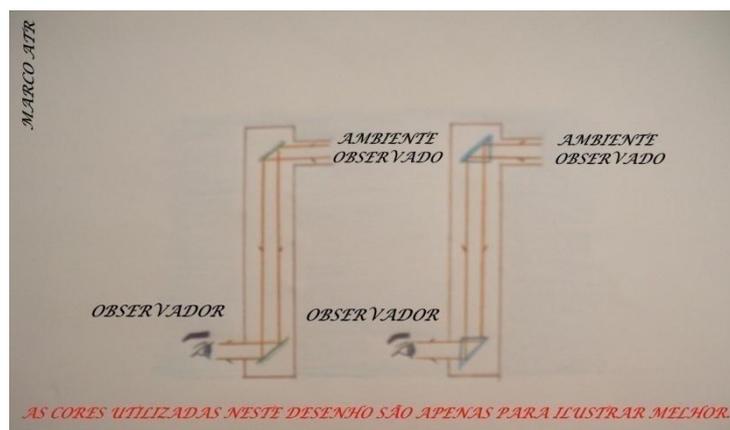


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação de dois periscópios simples, um construído com espelhos planos e o outro com prismas de reflexão total.

A trajetória descrita pela luz tem a forma parecida de um “Z”; por uma das extremidades entra a luz refletida pelos corpos a serem observados e pela outra sai a luz atingindo os olhos do observador. No caso dos prismas, a luz sofre uma reflexão total e segue o mesmo tipo de trajetória descrita anteriormente.

Supondo que você queira produzir um periscópio caseiro, o ângulo em relação à horizontal que os espelhos devem ser posicionados deverá ser de 45°.

5.4 Absorção

Quando um feixe de raios paralelos incide na superfície, se ele não é refletido, nem refratado, certamente ele será absorvido, o que causará um aquecimento da superfície (Figura 28). Isso ocorre mais intensamente nos corpos de cor escura.

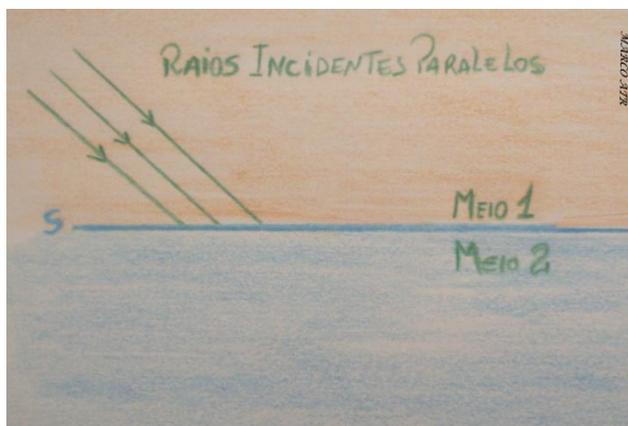


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Energia luminosa totalmente absorvida, transformando-se em energia térmica.

Embora o que vamos afirmar agora fuja um pouco ao senso comum, os três fenômenos ópticos apresentados há pouco podem acontecer ao mesmo tempo. Quando um feixe de luz incide na água contida numa piscina, parte desta luz pode ser refletida, outra parte é refratada, e o restante é absorvido. Pense a respeito.

6. Princípios da óptica geométrica

São três os princípios que regem a óptica geométrica.

6.1 Princípio da propagação retilínea dos raios luminosos

Nos meios transparentes, homogêneos e isotrópicos, um raio de luz percorre uma trajetória retilínea, por isso um raio de luz é representado por um segmento de reta orientado.

De maneira bem simples, podemos comprovar experimentalmente a propagação retilínea da luz. Primeiro você irá precisar de dois cartões de papelão com um pequeno furo na região central. Agora, se você tentar visualizar a luz proveniente de uma lâmpada, os dois furos devem estar alinhados com a lâmpada. Entretanto se deslocarmos um dos cartões, deixamos de ver a luz emitida pela lâmpada, pois a luz, nesta situação, não segue uma trajetória curva.

6.2 Princípio de reversibilidade dos raios luminosos

Novamente nos meios transparentes, homogêneos e isotrópicos, a trajetória seguida por um raio de luz não se altera quando o sentido de seu percurso é invertido.

6.3 Princípio de independência dos raios luminosos

Quando ocorre cruzamento de raios de luz, cada um deles continua a sua propagação independente da presença dos outros.

7. Aplicações da propagação retilínea da luz

As explicações físicas para a solução de vários problemas propostos nos encontros estão neste tópico. Acreditamos que através desta leitura será possível enriquecer o entendimento dos seguintes fenômenos: sombra e penumbra, os eclipses e a formação de imagens em câmaras escuras de orifício.

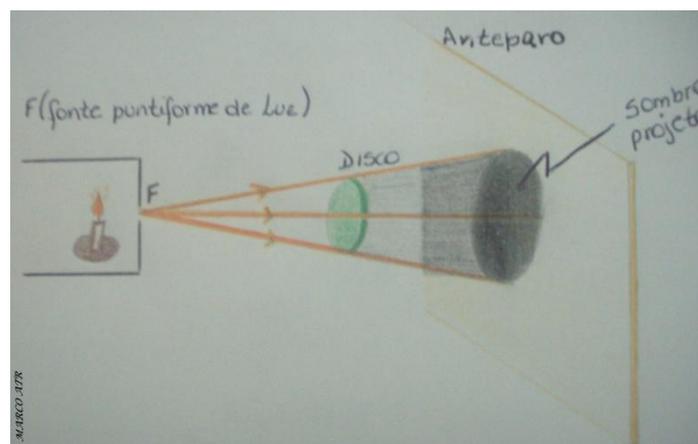


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Formação de sombra originada por uma fonte pontual ou puntiforme.

7.1 Sombra e penumbra

Sombra é toda região do espaço que não recebe raios luminosos diretamente da fonte de luz; ocorre quando utilizamos uma fonte pontual (Figura 29).

Quando utilizamos uma fonte extensa de luz, há também uma região aonde parte da luz chega denominada penumbra (Figura 30).

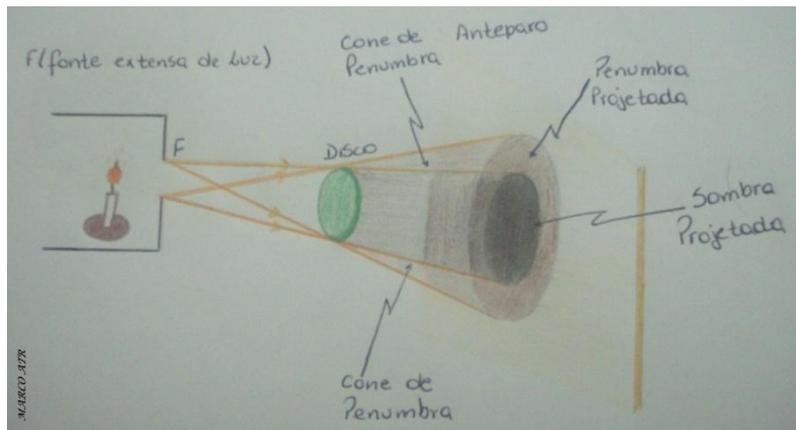


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Formação de sombra e penumbra originada por uma fonte extensa.

7.2 Eclipses

Esta palavra é de origem grega, significando desmaio ou abandono. Hoje, o significado atribuído a esta palavra é de obscurecimento parcial ou total de astros.

Tentando ser um pouco mais direto, eclipse é o ocultamento total ou parcial de um astro pela interposição de outro astro entre ele e um observador. Iremos tentar esclarecer como ocorrem os eclipses solar e lunar.

7.2.1 Eclipse solar

Ocorre quando a Lua (posicionada entre o Sol e a Terra) projeta sobre a Terra uma região de sombra e outra de penumbra.

Para uma pessoa que se encontra na região de sombra, o eclipse é total, mas para uma pessoa que se encontra na região de penumbra, o eclipse é parcial. A Figura 31 demonstra as regiões onde ocorrem os dois eclipses.

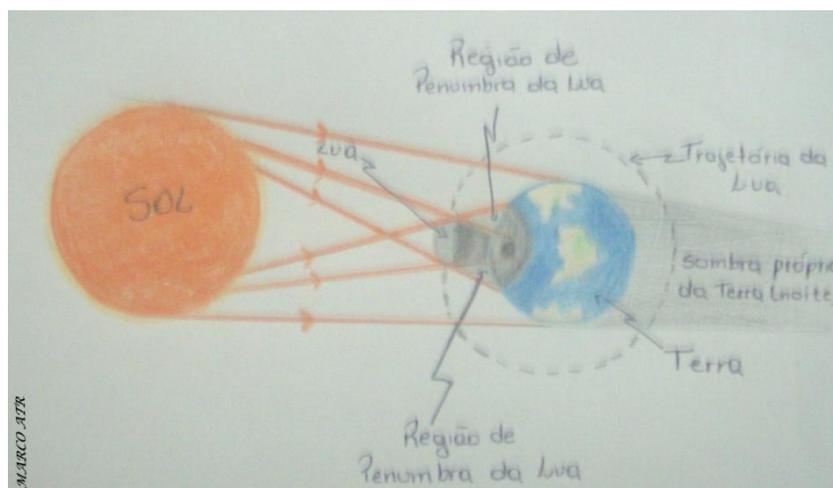


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação das regiões de sombra e penumbra, originando respectivamente os eclipses total e parcial.

Em raríssimas ocasiões, é possível observar o eclipse anular (em forma de anel). O observador deve estar no vértice do cone de sombra da Lua, ficando a parte visível do Sol em forma de um anel luminoso (Figura 32). Isso ocorre porque a Lua não bloqueou totalmente o Sol, devido à distância Lua-Terra ser a maior alcançada, conhecida como apogeu. O último eclipse anular que aconteceu foi visto na Ásia e na América do Norte no dia 20 de maio de 2012.

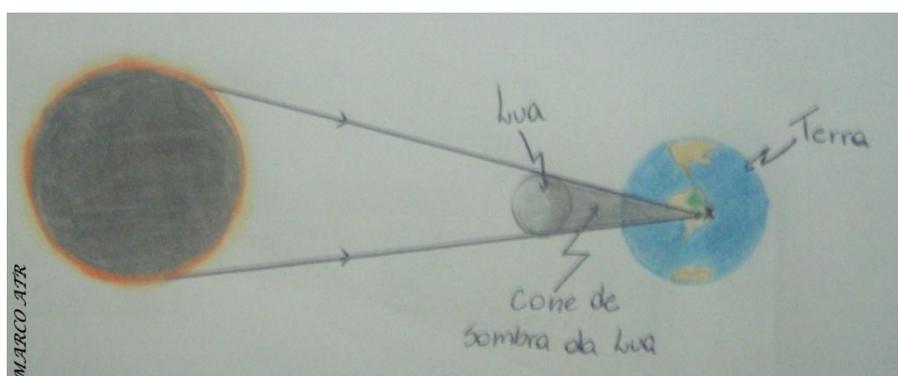


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - O sol visto sob a forma de um anel luminoso por um observador em X.

7.2.2 Eclipse Lunar

Ocorre quando a Terra impede a Lua de receber total ou parcialmente a luz do Sol, interpondo-se entre esses dois astros. Então, quando a Lua está dentro do cone de sombra da Terra, temos um eclipse total da Lua (Figura 33).

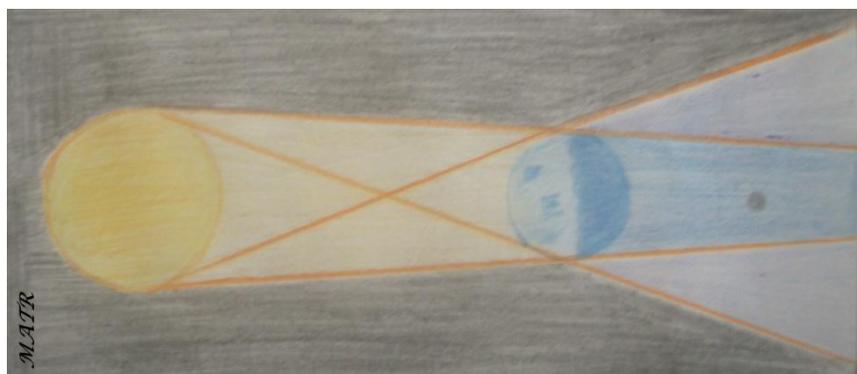


Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - Eclipse total da Lua.

7.3 Fases da Lua

Sabemos que a Lua reflete a luz que recebe do Sol e, além disso, mantém sempre a mesma face voltada para a Terra, visto que leva 27,3 dias para girar em torno do seu eixo e os mesmos 27,3 dias para dar uma volta ao redor da Terra. Pelos motivos listados anteriormente, e pela posição relativa da Terra, da Lua e do Sol, a face voltada para a Terra pode estar totalmente ou parcialmente iluminada, ou totalmente na escuridão. Em virtude destas variações foram definidas as quatro fases da Lua, que mudam, aproximadamente de sete em sete dias (Figura 34).

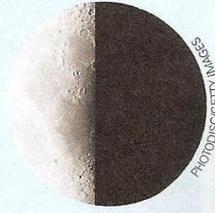
<p>LUA NOVA</p> <p><i>Ocorrência:</i> Quando a Lua está entre o Sol e a Terra.</p> <p><i>Aspecto:</i> Não é visível.</p> <p><i>Horário:</i> Nasce às seis da manhã e se põe às seis da tarde.</p>	<p>QUARTO CRESCENTE - VISTA DO BRASIL</p> <p><i>Aspecto:</i> Semicírculo, com a parte iluminada voltada para o pôr do sol (lado oeste).</p> <p><i>Horário:</i> Nasce ao meio-dia e se põe à meia-noite.</p> 
<p>LUA CHEIA - VISTA DO BRASIL</p> <p>A Terra está entre o Sol e a Lua.</p> <p><i>Aspecto:</i> Disco luminoso.</p> <p><i>Horário:</i> Nasce às seis da tarde e se põe às seis da manhã.</p> 	<p>QUARTO MINGUANTE - VISTA DO BRASIL</p> <p><i>Aspecto:</i> Semicírculo, com a parte iluminada voltada para o nascer do Sol (lado leste).</p> <p><i>Horário:</i> Nasce à meia-noite e se põe ao meio-dia.</p> 

Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - As quatro fases da Lua.

A fase da Lua Nova ocorre quando a face não iluminada da Lua está voltada para a Terra. Se a face iluminada da Lua está voltada para a Terra, temos a fase da Lua Cheia.

Entre a Lua Nova e a Lua Cheia ocorrem dois momentos em que a Lua apresenta meia face iluminada: são as fases do quarto crescente e do quarto minguante.

Na Figura 34 não aparece a representação da Lua Nova, pois não é possível ver a face da Lua iluminada pelo Sol. Entretanto às vezes a observamos muito esmaecida ou como parte de um anel.

Após nos referimos às fases da Lua, voltemos aos temas dos eclipses solar e lunar. Você saberia apontar em qual fase da Lua ocorre o eclipse solar e em qual fase ocorre o eclipse lunar?

Na Lua Nova, a Lua está entre o Sol e a Terra, logo é nesta fase que ocorre o eclipse solar. O eclipse lunar precisa que a Terra esteja entre o Sol e a Lua, portanto ocorre na fase da Lua Cheia. Então, poderíamos pensar: Oba, teremos dois eclipses todo mês! Infelizmente, não é verdade e a Figura 35 vai tentar ajudar a esclarecer por que.

Não temos eclipses todos os meses porque o plano da órbita da Lua está inclinado aproximadamente $5,2^\circ$ em relação ao plano da órbita da Terra. Tente observar pela Figura 35, que as órbitas da Lua em torno da Terra, e da Terra em torno do Sol, não pertencem ao mesmo plano.

Os eclipses ocorrem quando a órbita da Lua intercepta o plano da órbita da Terra, estando o Sol, a Lua e a Terra alinhados.

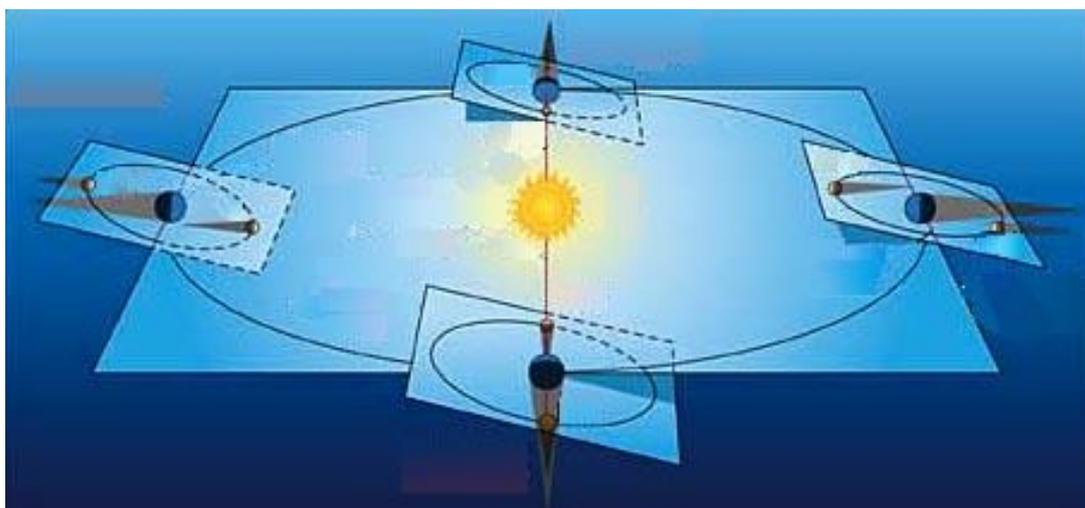


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação das órbitas da Terra e da Lua.

Para finalizar nosso enfoque sobre os eclipses, uma última pergunta: por que é tão difícil visualizar um eclipse solar, mesmo sabendo com antecedência que este irá acontecer?



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Eclipse solar total em 29 de março de 2006.

A projeção da sombra da Lua na Terra⁷, durante um eclipse solar, não passa de 270 km, então você teria de ter a felicidade de estar nesta estreita faixa (Figura 36). Além disso, o tempo de duração do eclipse é de no máximo 7,5 minutos, logo não poderia existir atraso de sua parte, afinal os astros não esperam. Então vamos supor que você estava no local certo, na hora certa, e ainda assim não conseguiu ver o eclipse. Neste caso, a culpa não foi sua, muito menos do Sol, da Terra e da Lua; a culpa foi do clima, pois o clima deve permitir a visualização (sem nuvens ou chuva). Bom, você poderia ver o eclipse parcial se estivesse numa faixa de 3.000 km, medidos a partir do caminho do eclipse.

Para nossa felicidade, o próximo eclipse lunar total ocorrerá em 27e 28 de setembro de 2015.

7.4 Câmera escura de orifício

Outra evidência da propagação retilínea da luz é a câmera escura de orifício.

⁷ A projeção da sombra da Lua na Terra é denominada caminho do eclipse.

Ela é uma caixa de paredes opacas, com um pequeno orifício em uma de suas faces; é considerada o precursor da máquina fotográfica.

Leonardo da Vinci (1452-1519), renascentista italiano, já utilizava a técnica deste tipo de câmera para estudos sobre propagação da luz. Em seus livretos de anotações, denominados *códices*, aparecem citações a respeito de figuras luminosas invertidas projetadas em anteparos planos.

A Figura 37 nos auxilia no funcionamento da câmera escura. Em frente ao orifício, é colocado um corpo luminoso. Os raios luminosos emanados por esse corpo, após passarem pelo orifício, incidem na parede do fundo da caixa, lá projetando uma figura semelhante ao corpo considerado, em forma e em colorido. Contudo, tal figura apresenta-se invertida em relação ao corpo.

É importante salientar que a figura projetada na parede do fundo da câmera pode ser observada por um indivíduo situado na posição sugerida do esquema, desde que esta parede seja substituída por papel vegetal. Para conseguir uma imagem de boa qualidade, você precisa de luz em abundância. Por outro lado, na câmera, se você aumentar o orifício para conseguir uma iluminação melhor, perde em nitidez da imagem. Entretanto, temos uma solução muito simples que garantirá luz e nitidez: basta colocar uma lente em frente ao orifício.

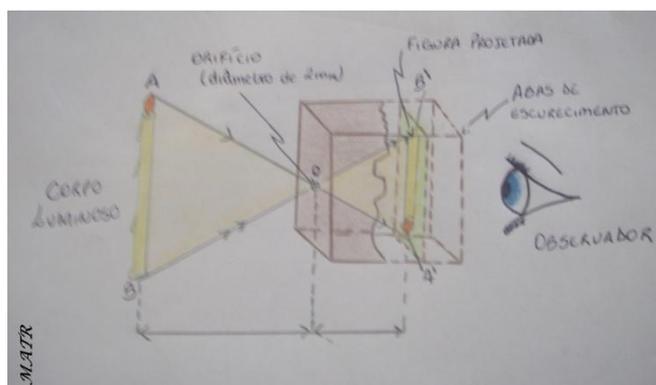


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação de uma câmera escura de orifício, mostrando o corpo luminoso, figura projetada e posição do observador para visualizar a projeção.

O funcionamento do olho humano é semelhante ao de uma câmera escura de orifício, que por sua vez também é semelhante à máquina fotográfica (Figura 38).

Nos nossos olhos, a luz passa por um orifício chamado pupila, sendo a abertura controlada pelo disco muscular colorido conhecido como íris. A quantidade de luz que chega ao globo ocular depende do diâmetro da pupila, que fica pequeno para ambientes com muita iluminação e maior onde existe pouca iluminação. O cristalino é a lente dos nossos olhos. A imagem é formada na retina, situada na parte de trás dos olhos.

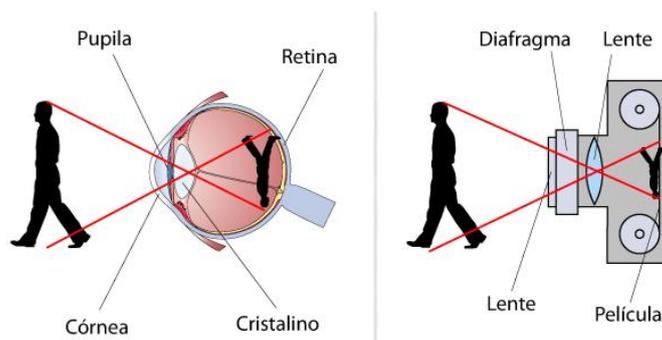


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Semelhança entre olho humano e máquina fotográfica.

Existe um termo muito interessante relacionado com a visão chamado *ângulo visual* ou diâmetro aparente. Para ficar mais fácil a compreensão, iremos propor uma situação bem simples.

Vamos imaginar que você está viajando de carona e olhe um edifício na beira da rodovia, a uma grande distância. Colocando uma das mãos em frente aos seus olhos, você conseguirá cobrir toda a imagem do edifício. Nesta típica situação dizemos que o tamanho aparente do edifício é da ordem da largura da mão do observador. Contudo, à medida que o edifício vai ficando mais próximo, seu tamanho vai aumentando, sendo que no momento que você passa ao lado dele mal consegue avaliar sua altura. O que ocorreu está associado à distância entre o objeto (edifício) e o observador (você). Ao mudar esta distância, você variou o que conhecemos como *ângulo visual*.

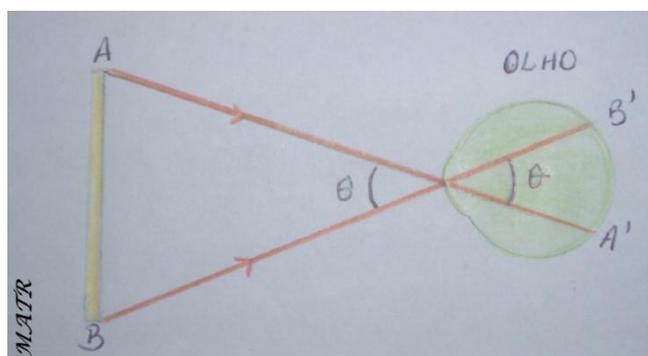


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação do ângulo visual.

Iremos utilizar a Figura 39 para tornar mais claro o conceito de ângulo visual. Nela, vemos um objeto de extremos A e B em frente ao olho. As imagens dos pontos A e B são os pontos A' e B', situados sobre a retina do olho. O ângulo θ é chamado de ângulo visual. Quanto maior for o ângulo θ , mais distantes estarão os pontos A' e B' e, assim, maior parecerá o objeto.

A seguir apresentaremos duas imagens (Figuras 40 e 41) muito interessantes a respeito de ângulo visual.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Devido ao ângulo visual, quanto mais afastados do observador estão os postes, menores parecem.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - O ponto onde parece que as duas linhas se encontram é o limite de acuidade visual do observador.

8. As cores de um corpo

A luz emitida pelo Sol é considerada policromática branca, assim como a luz emitida por uma lâmpada fluorescente. Por ser uma luz policromática, ao ser refratada por um prisma, como primeiro fez Isaac Newton, ela se decompõe em infinitas tonalidades: vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta são as cores que os nossos olhos conseguem perceber.

Relembrando que refração é a passagem da luz de um meio para o outro, neste caso específico (Figura 42), a luz que viajava no ar incide no prisma e passa a viajar no

interior deste abrindo-se em um leque colorido para, logo em seguida, emergir no ar novamente. Quando a luz branca troca de meio, ou seja, passa do ar para o vidro, a velocidade das cores que constituem a luz branca muda, permitindo que as cores se separem e sejam percebidas. A dispersão é acentuada devido à geometria do prisma.

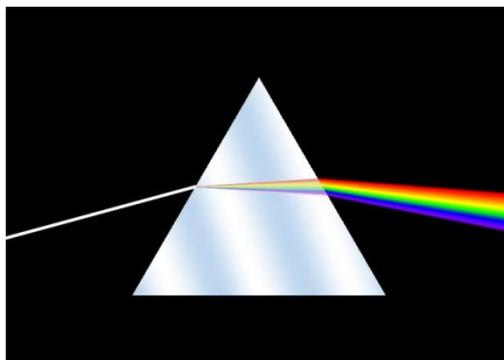


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - A radiação vermelha é a menos desviada, logo é a que tem maior velocidade.

Quando a luz emitida por uma fonte é constituída apenas por uma cor é denominada *luz monocromática*.

Entretanto, o que é cor? Acreditamos ser uma interpretação fisiológica ao recebimento de uma luz de determinada frequência e intensidade. Esta interpretação está vinculada à existência de três tipos de cones receptores no olho humano.

Por que as folhas de uma árvore nos parecem verdes quando iluminadas pela luz solar?

Se o corpo visto sob a luz solar mostra-se verde é porque ele absorveu todas as cores exceto a verde, que está sendo refletida difusamente, ou seja, em todas as direções, e por esse motivo as folhas nos parecem verdes (Figura 43).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da folha sendo iluminada com luz branca e refletindo apenas a verde.

Outro exemplo, se uma maçã está sendo iluminada com luz branca e revela-se vermelha, como podemos explicar essa percepção? A princípio é bem simples, ela está absorvendo todas as cores que constituem a luz branca (azul, verde, ...) e refletindo apenas o vermelho.

Outra pergunta: o que vai acontecer se dois corpos vistos sob a luz branca, um verde e outro azul, forem colocados num ambiente com iluminação monocromática azul?

O azul se mostrará azul, pois vai refletir difusamente o próprio azul. Já o verde se mostrará preto, pois vai absorver a luz azul e não vai refletir.

Vamos salientar alguns pontos:

- Se “enxergamos” um corpo preto, é porque ele está absorvendo todas as cores e não está quase refletindo luz;
- Se “enxergamos” um corpo branco, é porque ele está refletindo boa parte das cores.

Utilizando um filtro vermelho para observar determinados objetos (Figura 44), distinguiremos nestes objetos apenas regiões vermelhas e regiões bem escuras. Isto ocorre porque o filtro deixa passar (refrata) apenas a luz vermelha, absorvendo as demais cores.

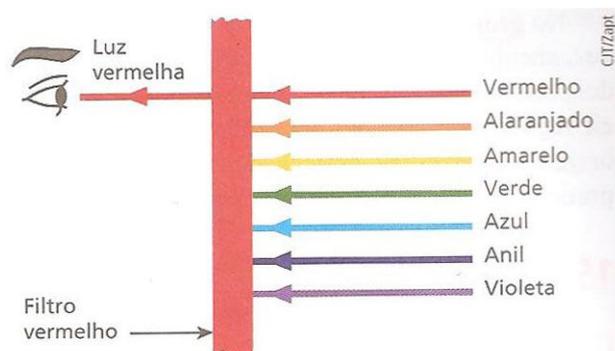


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação de um filtro vermelho.

Tudo isto é muito interessante. Todavia, se alguns seres humanos apresentarem problemas em seus cones, mesmo que os objetos reflitam diversas luzes, os receptores dessas pessoas não conseguirão distinguir todas as cores.

Os cones nos permitem definir o que chamamos de cores primárias. Sendo a ausência ou diminuição do número de cones responsável pelo aparecimento de problemas como o daltonismo.

Precisamente, o que é o daltonismo?

É uma perturbação da visão colorida, determinada geneticamente, caracterizada pela falta de reconhecimento de uma ou várias cores. É o resultado de um defeito na retina, nas células responsáveis pela percepção das cores – os cones. Foi descoberto em 1794, por John Dalton (1766-1844), químico e físico britânico que formulou a teoria atômica e que apresentou a primeira descrição da anomalia da qual ele próprio sofria.

A seguir vamos apresentar a evolução da teoria para a visão colorida humana.

8.1 Teoria Tricromática de Young-Helmholtz

Em 1802, Thomas Young (1773-1829) apresentou um trabalho que continha um modelo para a visão colorida dos seres humanos. Nesse modelo, a retina possuía três classes de sensores sensíveis às luzes das cores vermelha, verde e violeta.

Somente em 1964, ou seja, após um século e meio, pode ser comprovado experimentalmente que sua teoria estava quase correta.

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) verificou que as cores primárias (luzes) são vermelho, verde e *azul*, conhecido como sistema RGB, das iniciais dos termos em inglês *red*, *green* e *blue*, e não o violeta como foi pensado por Young.

Estas cores podem ser adicionadas e formarem todas as cores do espectro. Podemos formar as cores secundárias da seguinte forma:

Vermelho + Azul = Magenta

Verde + Azul = Ciano

Verde + Vermelho = Amarelo

A soma das três cores resulta na cor branca.

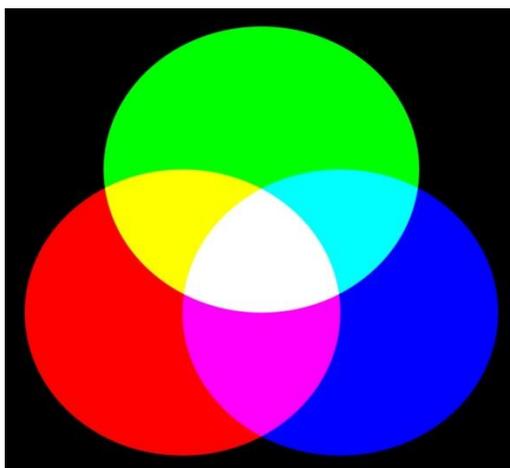
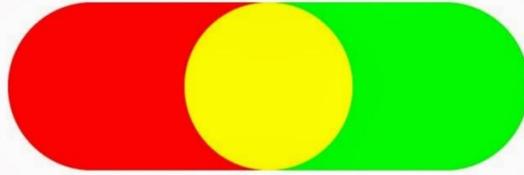


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da obtenção das cores secundárias através do método da adição.

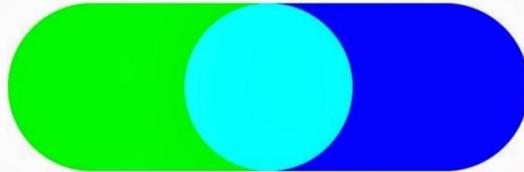
Observe, na Figura 45, que a sobreposição das três luzes coloridas vermelho, verde e azul, denominadas cores primárias, resulta na luz branca. O mesmo se dá com a sobreposição das três luzes secundárias.

Na Figura 46, destacamos a obtenção do amarelo, que surge da adição da luz verde e vermelho; do magenta, que surge da soma do vermelho e azul; do ciano, que surge quando iluminamos um mesmo ponto com verde e azul. Embora pareça estar claro pelas Figuras 45 e 46, não custa frisar que a obtenção de uma cor secundária requer a superposição de duas luzes primárias.

vermelho + verde = amarelo



verde + azul = ciano



azul + Vermelho = magenta

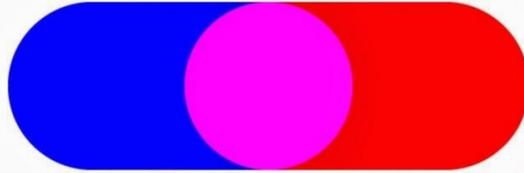


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da obtenção do amarelo, ciano e magenta.

Outra observação, na forma de uma indagação, que julgamos ser muito importante: *O que acontece se adicionarmos luz amarela e luz azul?* Vamos obter a luz branca. Alguma surpresa com esta conclusão? É fácil obtermos a resposta se pensamos que a luz amarela é originada da soma da luz verde com a luz vermelha. Adicionando essas duas à luz azul, temos todas as cores primárias, formando, assim, o branco.

A observação anterior nos permite definir as cores complementares: são duas luzes que sobrepostas formam o branco (Figura 47).

Se ainda parece confuso, vamos tentar tornar mais simples:

Por que azul e amarelo são consideradas luzes complementares?



Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - **Representação da obtenção do branco a partir de luzes complementares.**

O amarelo surge da adição de vermelho e verde; então quando estamos somando amarelo (= vermelho + verde) e azul, na realidade somamos vermelho, verde e azul.

Voltando à questão da visão colorida. Na retina estão localizados os receptores fotossensíveis que são os cones (responsáveis pela visão colorida e pela noção espacial) e os bastonetes (visão no escuro). Cada cone é composto por pigmentos sensíveis a um dos três comprimentos de onda de luz, sendo o cone sensível ao vermelho, o Protan, o sensível ao verde, o Deutan, e o sensível ao azul, o Tritan (Figura 48).

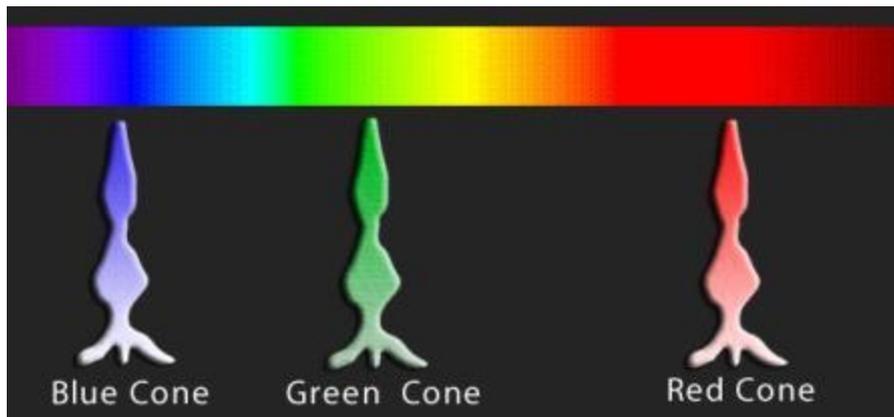


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação dos cones.

Mesmo quando estamos observando o “verde puro”, os outros receptores, o azul e o vermelho também estão sendo ativados, porém em intensidade bem menor; verificar o laranja seria o equivalente ao receptor vermelho ser muito estimulado e os outros receptores pouco estimulados.

Resumidamente, temos três tipos de cones, sensíveis a determinados estímulos. Dependendo da intensidade da luz e de sua frequência, um ou mais tipos de cones poderão ser sensibilizados em intensidades diferentes, assim possibilitando a visão colorida.

8.2 Curiosidade “canina”

Já sabemos que um ser humano com visão normal possui os três tipos de cone, logo sua visão apresenta um amplo espectro de cores, com tons intermediários. Nas pessoas daltônicas, essas células (cones) não existem em número suficiente ou apresentam alguma alteração ou defeito, levando à incapacidade de distinguir as cores. Em casos graves praticamente não existem células fotorreceptoras. As formas leves de daltonismo caracterizam-se, sobretudo, pela dificuldade de reconhecer cores compostas. Costuma ser relativamente comum a falta ou o defeito do cone responsável pela percepção do verde, sendo assim essas pessoas têm dificuldade de diferenciar o verde do vermelho.

Cães e gatos apresentam apenas dois tipos de cones e, assim como a maioria dos daltônicos, não possuem o cone verde. Contudo, estes animais possuem uma maior quantidade de bastonetes, logo conseguem ver melhor com baixa intensidade de luz e

conseguem distinguir, com maior rapidez que os humanos, pequenas variações em uma cena.

Com tempo de retenção baixo, conseguem perceber movimentos super-rápidos, portanto possuem reflexos apuradíssimos para o movimento. E mais, olhar TV para um cachorro, ou para um gato, deve ser terrível, afinal percebem a TV e o cinema como uma sucessão de quadros independentes.

Em relação à percepção das cores, os cães e gatos enxergam mais do que o branco e preto, sua visão é mais borrada e mais simples quando comparada à visão dos seres humanos, como demonstrada a Figura 49.



Figura Erro! Nenhuma sequência foi especificada. - Representação da visão do cachorro e do ser humano.

8.3 A cor de um corpo por refração: Por que o céu diurno é azul?

Lorde Rayleigh (1842-1919), físico inglês, foi o primeiro a estudar detalhadamente o espalhamento da luz solar pela atmosfera terrestre. Ele concluiu que todas as cores são espalhadas, mas este espalhamento depende da frequência da luz, ou seja, quanto maior a frequência da luz, maior será o espalhamento. Como as luzes azul e violeta possuem maior frequência, logo serão as mais espalhadas.

Alguns corpos são visualizados pela luz que refratam difusamente. É possível que a cor de um corpo por reflexão seja diferente de sua cor por refração.

A luz branca solar, após percorrer cerca de 150 milhões de quilômetros no vácuo, adentra a atmosfera terrestre sofrendo sucessivas refrações até atingir o solo. Durante esta penetração na atmosfera, as componentes da luz branca, azul e violeta, de maior frequência, são bastante difundidas pelas partículas que constituem o ar, em especial o nitrogênio, logo são espalhadas em todas as direções.

Como os nossos olhos são menos sensíveis ao violeta, e mais sensíveis ao azul, quando toda essa luz é espalhada, produz-se em nossos olhos a sensação do azul. Isso explica o motivo de percebermos o céu azul.

Quando a luz solar atinge as nuvens, entra em contato com as partículas de água, e estas partículas difundem, de forma praticamente igual, as componentes da luz solar. E como a soma de todas as componentes gera o branco, visualizamos as nuvens brancas.

O céu visto da Terra poderia ser negro, desde que não existisse atmosfera, pois assim não haveria espalhamento da luz solar. Isto é o que acontece na Lua.

8.3.1 O amanhecer e o entardecer

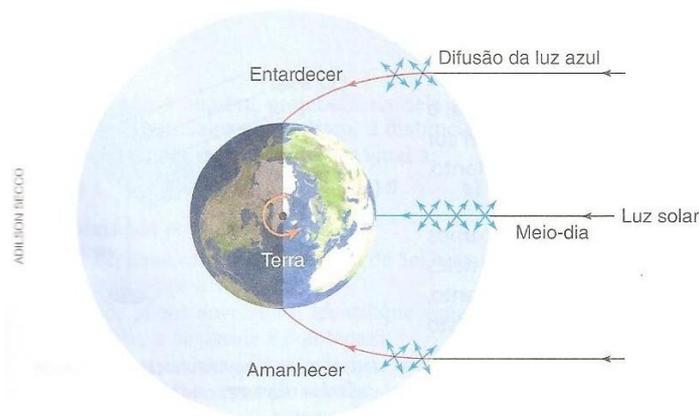


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - No nascente e no poente, a luz solar percorre distâncias maiores na atmosfera terrestre do que ao meio-dia.

A luz proveniente do Sol, ao amanhecer e ao entardecer, atravessa uma camada de ar mais espessa, ou seja, a luz percorre um caminho mais longo do que o percorrido ao meio-dia (Figura 50).

Como a luz azul já é difundida no começo desta travessia, chegam aos nossos olhos as radiações de baixa frequência, ou seja, vermelho, alaranjado e amarelo. Então

percebemos o céu passando pelas cores amarela, alaranjada e avermelhada, quando olhamos na direção do Sol, no nascente e no poente (Figura 51).



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Pôr-do-sol no Arpoador

8.4 Arco-íris

Seu nome tem origem na mitologia: a deusa Íris era a mensageira dos deuses e descia à Terra escorregando pelo arco de cores. A maioria dos gregos vivia próximo ao mar, então o arco-íris era visto cobrindo a distância entre as nuvens e o mar; imaginavam que a deusa reabastecia as nuvens de chuva com a água do mar.

Quem não ouviu predições de fortuna e bom tempo associadas ao arco-íris? Entretanto deixaremos de lado um pouco as histórias e tentaremos explicar a formação do arco-íris.

Algumas condições devem ser satisfeitas para que o arco-íris surja no céu: o Sol deve estar brilhando, deve haver uma chuvinha ou ter chovido um pouco antes; além destas, é indispensável que o Sol e as nuvens carregadas de chuva estejam em posições opostas e, finalmente, para visualizá-lo, o observador deve estar de costas para o Sol.

Este lindo fenômeno óptico ocorre pela refração e, conseqüentemente, dispersão da luz solar, ao incidir nas gotículas de água suspensas no ar.

A luz solar, quando atinge uma gota de água no ar, primeiro é refratada, ou seja, é decomposta em um leque de luzes monocromáticas. Este leque atinge a parede interna da gota e é refletido; logo após ser refletido uma nova refração ocorre ao passar pela outra parede da gota, aumentando ainda mais a separação entre as cores.

Na Figura 52 representamos a luz violeta e a luz vermelha, sabendo que as outras luzes estão dispostas entre estas.

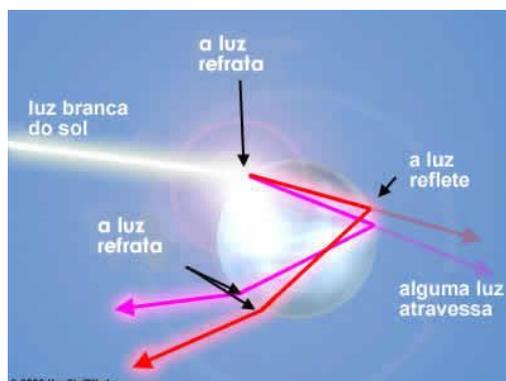


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da luz solar atingindo uma gota de água no ar. Estão representadas apenas as luzes vermelha e violeta.

Na Figura 52 observamos que a luz violeta refrata mais que a luz vermelha, ou seja, a luz violeta desvia mais, isto porque a frequência dela é maior. Quando ocorre a segunda refração, os desvios ficam ainda maiores.

Para que não fiquem dúvidas a respeito das refrações, inserimos a Figura 53, onde estão representadas as setes luzes obtidas na refração da luz branca, ou seja, vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

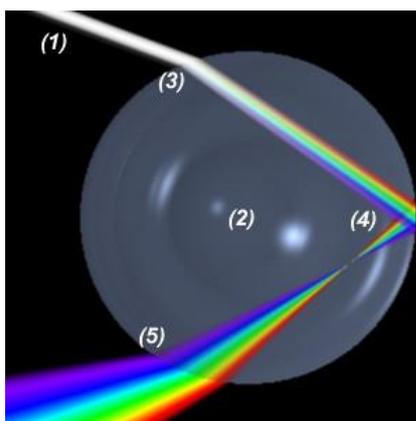


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Etapas desde a incidência até a refração.

A luz solar (1) incide na superfície da gota (2) e sofre a primeira refração (3); os raios refratados já sofreram a primeira decomposição em cores e são refletidos na

superfície interna da gota (4), voltando à primeira superfície, onde sofrem a segunda refração (5); por fim percebemos com maior clareza como se dá a decomposição.

Toda esta explicação foi para apenas uma gota. Então, de cada gota emergem luzes de todas as cores básicas. Porém, estas gotas estão localizadas em alturas diferentes. Esta diferença vai originar o conjunto de faixas semicirculares coloridas, ficando a faixa vermelha em cima e a faixa violeta embaixo.

Finalizando, também podem ocorrer duas reflexões dentro da gota. Neste caso, aparece um arco-íris secundário de menor intensidade que o primeiro e com as cores invertidas: o vermelho embaixo e o violeta em cima.

IV - MAGNETISMO

1. Introdução

Com certeza você já utilizou, ou pelo menos segurou em suas mãos, um cartão com tarja magnética – os famosos cartões de crédito ou débito. Esta tarja é feita de pequenas partículas de ferro, embutidas em um filme plástico, que podem ser magnetizadas com orientações diferentes, formando pequenos ímãs, que possuem as mesmas propriedades dos ímãs maiores.

Aqui vai uma dica: evite dobrar os cartões, aquecê-los ou guardá-los próximos a aparelhos eletrônicos.

Voltando um pouco no tempo, já na Grécia antiga, fenômenos ligados ao magnetismo, assim como aqueles vinculados à eletricidade, já eram conhecidos; faziam-se associações com as propriedades do âmbar e da magnetita.

A história nos informa que quando o âmbar era atritado com pelo de animais, ficava eletrizado, tendo a capacidade de atrair corpos leves; de maneira semelhante, os gregos observaram que certo mineral, em estado natural, encontrado na região da Magnésia, na Turquia, era capaz de atrair pedaços de ferro. Conta a lenda que as primeiras manifestações do magnetismo foram observadas por um pastor de ovelhas, quando a ponta de ferro do seu cajado ficou presa ao tocar em determinadas pedras – presume-se que tais pedras continham o tal mineral.

Com o passar do tempo, este minério ganhou o nome de magnetita. Hoje sabemos que o principal componente da magnetita é o Fe_3O_4 , ou seja, o óxido de ferro, que atrai não somente o ferro, mas também o manganês, o níquel, o cobalto e numerosas ligas destes metais.

2. Ímãs

Ímãs são corpos que possuem propriedades magnéticas, sendo classificados como naturais e artificiais. Os naturais são feitos de pedaços de magnetita, já os artificiais são construídos a partir de ligas metálicas ou materiais cerâmicos em uma mistura de óxidos de ferro e bário. Eles podem assumir as mais variadas formas: retangulares, circulares, forma de ferradura, etc.

Na Figura 54, aparecem ímãs de diferentes formas, assim como diferentes tipos de ímã, usados desde enfeites de geladeira até leitores de disco rígido em computadores, feitos em metais ferromagnéticos ou ligas, identificando: (1) neodímio, (2) ferrite, (3) alnico e (4) samário-cobalto.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Limalha de ferro acumulada nas extremidades do ímã, nas quais se localizam os polos magnéticos.

Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Diversos tipos de ímãs.

2.1 Os polos de um ímã

Aos colocarmos um ímã em contato com limalha de ferro (Figura 55), observamos que a maior parte desta limalha fica concentrada predominantemente nas regiões extremas do ímã, ou seja, em suas pontas. Essas regiões são denominadas *polos* do ímã.

Ao suspender um ímã em barra pelo seu centro de gravidade, de modo que ele possa girar livremente, ele se alinha aproximadamente na direção norte-sul geográfica do local.

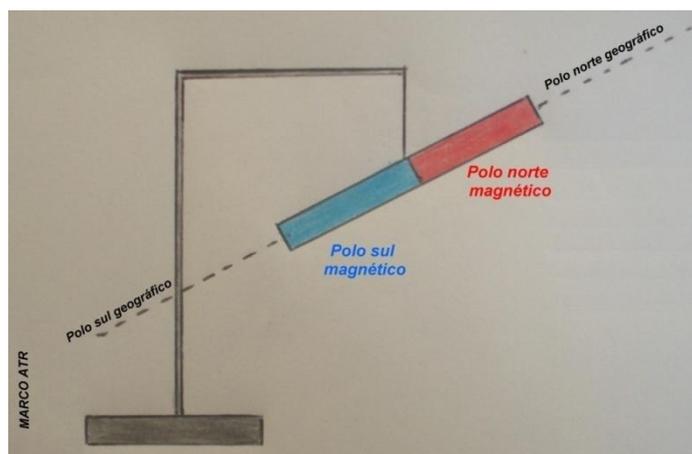


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Ímã suspenso pelo seu centro de gravidade.

Na Figura 56, a extremidade do ímã que se orienta na direção do polo norte geográfico recebe o nome de polo norte magnético; já a extremidade do ímã que se orienta para o polo sul geográfico é denominada polo sul magnético.

Os chineses, ao perceberem que o ímã poderia orientar-se, criaram a bússola, que é um instrumento constituído de ímã leve em forma de losango, denominada agulha magnética, que gira em torno de um eixo fixo.

2.2 Interações entre os polos de um ímã

Brincando com dois ímãs de polos magnéticos conhecidos, é fácil verificar que **polos de mesmo nome** (sul e sul, ou norte e norte), quando colocados próximos, repelem-se e **polos de nomes contrários** (sul e norte), quando aproximados, atraem-se.

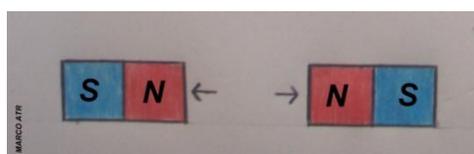


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Polos Norte sendo aproximados.

Na Figura 57 ocorre uma tentativa de aproximar os polos norte, entretanto aparece uma força de repulsão, em virtude de tentar aproximar polos de mesmo nome.

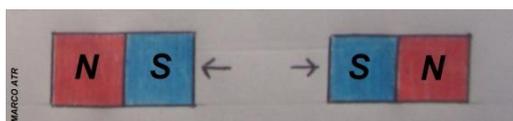


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Polos Sul sendo aproximados.

Já na Figura 58 estamos aproximando os polos sul, mas como estes também são de mesmo nome, aparece novamente uma força de repulsão, de afastamento entre os polos.

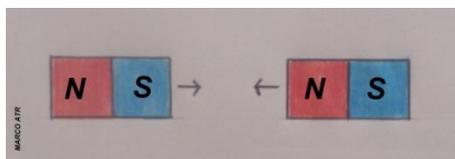


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - **Polos Sul e Norte sendo aproximados.**

Na Figura 59, os polos sul e norte estão próximos; durante esta aproximação, surge uma força de atração, ou seja, polos de nomes diferentes acabam atraindo-se.

As três situações descritas anteriormente permitem entender o funcionamento de uma bússola, ou seja, como ocorre sua orientação.

Quando o polo norte magnético da agulha da bússola aponta para o norte geográfico, é porque no polo norte geográfico existe um polo sul magnético. Desta forma estamos afirmando que a Terra comporta-se aproximadamente como um ímã.

Entretanto, os polos geográficos e magnéticos da Terra não estão exatamente no mesmo local. O polo sul magnético da Terra encontra-se no Canadá, a cerca de 1.300 km do polo norte geográfico e o polo norte magnético está na costa do continente antártico.

Esperamos que fique claro ao observar a Figura 60, que a direção dos polos magnéticos da Terra não coincide com a direção do seu eixo de rotação; desta forma, a bússola não aponta exatamente para os polos magnéticos da Terra. Tal diferença é conhecida como declinação magnética e varia com a latitude do local.

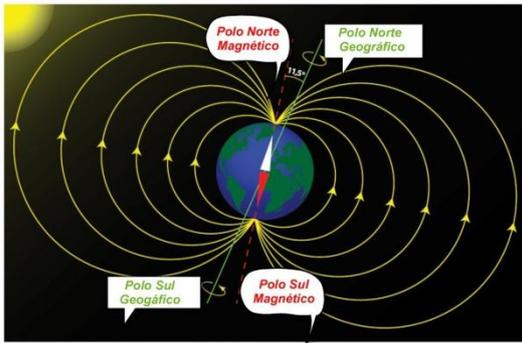


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Polos magnéticos e geográficos da Terra.

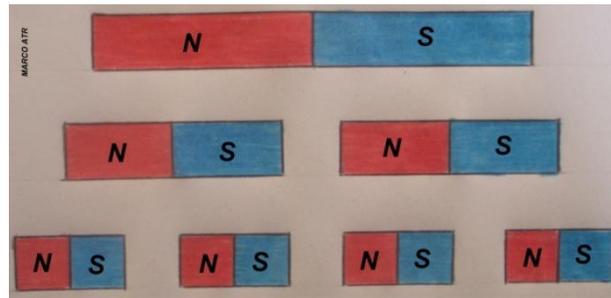


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da tentativa de separar os polos de um ímã.

2.3 Impossibilidade de separar os polos de um ímã

Você pode tentar separar os polos de um ímã. Mas verá que isso é impossível. Por exemplo, se você quebrar um ímã, obterá dois ímãs, cada um com dois polos. Repetindo o processo de quebra, obterá mais ímãs, todos similares ao inicial (Figura 61). É impossível que num pedaço do ímã quebrado reste somente o polo sul e no outro pedaço sobre apenas o polo norte. Poderíamos ir quebrando o ímã em pedaços cada vez menores, entretanto a experiência nos mostra a impossibilidade de separar os polos magnéticos.

Se formos quebrando cada vez mais os ímãs poderemos atingir o nível microscópico, sendo assim teremos obtido os ímãs elementares.

2.4 Ímãs permanentes e ímãs temporários

Existem corpos que facilmente se magnetizam. Estes materiais são denominados ferromagnéticos. É o caso, por exemplo, do cobalto, do ferro, do níquel e de ligas especiais, como o alnico⁸.

Ao aproximar um ímã de um material ferromagnético, este material torna-se magnetizado ou imantado. Podemos comprovar este fato através de uma experiência bem simples, basta termos à mão um ímã e um material ferromagnético – um clipe utilizado para prender papéis, por exemplo. Se você colocar o ímã próximo do clipe,

⁸ Alnico – liga composta de alumínio, níquel e cobalto.

verá que o clipe também passa a atrair outros materiais metálicos. Entretanto, se afastar o ímã, o efeito não perdura; neste caso temos um ímã temporário.

Caso seu objetivo seja criar um ímã permanente, você precisará friccionar no clipe um dos polos do ímã, várias vezes, sempre na mesma direção. É preciso salientar que é possível imantar um material por meio de eletricidade, contudo, não abordaremos este assunto aqui.

Podemos fazer com que os ímãs percam suas propriedades magnéticas, para isto basta sofrerem um choque mecânico, ou serem aquecidos em demasia. Quando os ímãs atingem a temperatura onde perdem suas propriedades, dizemos que os mesmos atingiram o Ponto de Curie⁹. Por exemplo, quando o ferro atinge 770°C perde suas propriedades magnéticas.

3. Campo Magnético

É a região do espaço que foi modificada pela presença de um ímã.

Podemos facilmente mostrar que determinada região está sob a influência de um campo magnético. Para isto vamos precisar de um ímã e de uma bússola. Primeiro você coloca a bússola num determinado local, por exemplo, sobre uma mesa, e verá que após alguns instantes ela irá se orientar. Agora, se colocarmos um ímã próximo à bússola, veremos que ela sofrerá uma nova orientação, pois está na região que foi modificada pela presença do ímã.

Para visualizar um campo magnético, basta termos um ímã em forma de barra, uma folha de papel vegetal e limalha de ferro. Primeiro devemos colocar o ímã em cima da mesa e depois o papel sobre o ímã; em seguida espalhamos a limalha de ferro sobre o papel, dando pequenas batidinhas neste.

⁹ Pierre Curie (1859-1906) estudou a influência da temperatura na magnetização. Na física nuclear este é um nome muito conhecido.



Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Configuração da limalha de ferro, próximos de um ímã em barra.

Na Figura 62, a disposição da limalha de ferro permite a visualização das linhas de campo magnético gerado pelo ímã em barra.

Foi adotada a seguinte convenção para as linhas de força de campo magnético: no exterior do ímã elas saem do polo norte e entram até o polo sul; já dentro do ímã, linhas longitudinais, isto é, na direção do comprimento, saem do polo sul em direção ao polo norte (Figura 63). Outro detalhe importante é que estas linhas de força (linhas de campo magnético) nunca irão se cruzar.

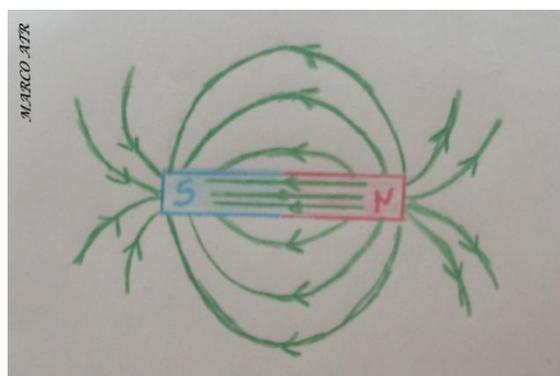


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da orientação das linhas de força.

4. Campo magnético terrestre.

Como ilustramos na Figura 56, um ímã que pode girar livremente orienta-se na direção norte-sul, mostrando desta forma que a Terra possui um campo magnético capaz de orientá-lo, ou seja, guiá-lo. Visto que nosso planeta apresenta propriedades

magnéticas, logo se comporta como um ímã, neste momento vem a questão: *O que permite ou o que faz com que nosso planeta tenha esse comportamento?*

Acreditamos, atualmente, na Teoria do Dínamo, ou seja, o ferro em estado líquido (que se encontra situado no núcleo externo da Terra) é considerado um fluido bom condutor, a rotação do planeta e as correntes de convecção fazem este ferro em estado líquido movimentar-se, este movimento gera a corrente elétrica que por sua vez dá origem ao campo magnético.

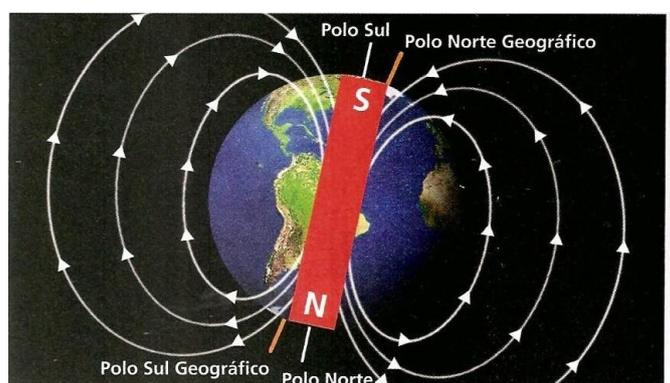


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação do campo magnético terrestre.

Assim como a Figura 60, a Figura 64 mostra que os polos magnéticos da Terra não estão alinhados com os polos geográficos; esta diferença é da ordem de aproximadamente 11°.

Atenção a este detalhe: na bússola, a ponta que identificamos como polo norte, aponta para o sul magnético da Terra (próximo ao polo norte geográfico), visto como já estudamos anteriormente que polos de nomes diferentes se atraem. Desta forma, as civilizações aprenderam a se orientar utilizando a bússola. Para onde sua extremidade norte magnética apontar, temos aí a direção aproximada do polo norte geográfico da Terra.

Todas as informações listadas até o momento sobre campo magnético, de certa forma já tínhamos discutido durante nosso texto, porém na sequência vamos nos referir à magnetosfera, algo novo neste estudo.

A magnetosfera é uma espécie de escudo magnético do nosso planeta, ou seja, é uma região onde o campo magnético blinda a Terra. Detalhe: quem cria este campo é o próprio planeta Terra.

A interação do vento solar com a magnetosfera cria o que conhecemos como cinturão de Van Allen. Tentando deixar um pouco mais claro: as partículas ionizadas presentes no vento solar e os raios cósmicos ficam presas nesta blindagem, este aprisionamento mostra que partículas eletrizadas interagem com campos magnéticos.

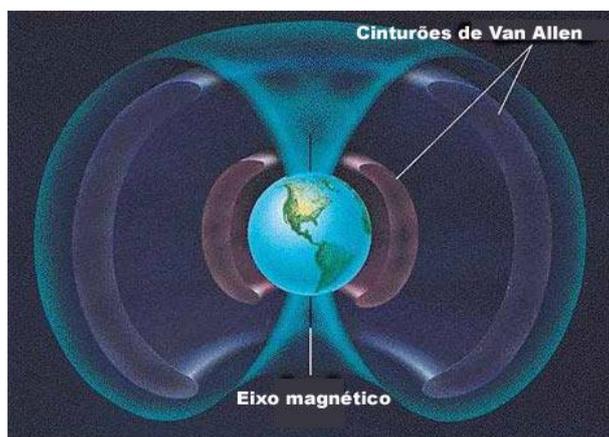


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação dos dois estratos do cinturão de Van Allen.

A Figura 65 identifica os dois estratos do cinturão de Van Allen, o interior que está situado entre 2.200 e 5.000 km da superfície da Terra; e o exterior, entre 13.000 e 55.000 km.

Observem que dados fantásticos: a face da magnetosfera que fica de frente para o Sol, apresenta uma espessura de aproximadamente 57.000 km, enquanto a face oposta apresenta uma espessura de aproximadamente 200.000 km (Figura 66).

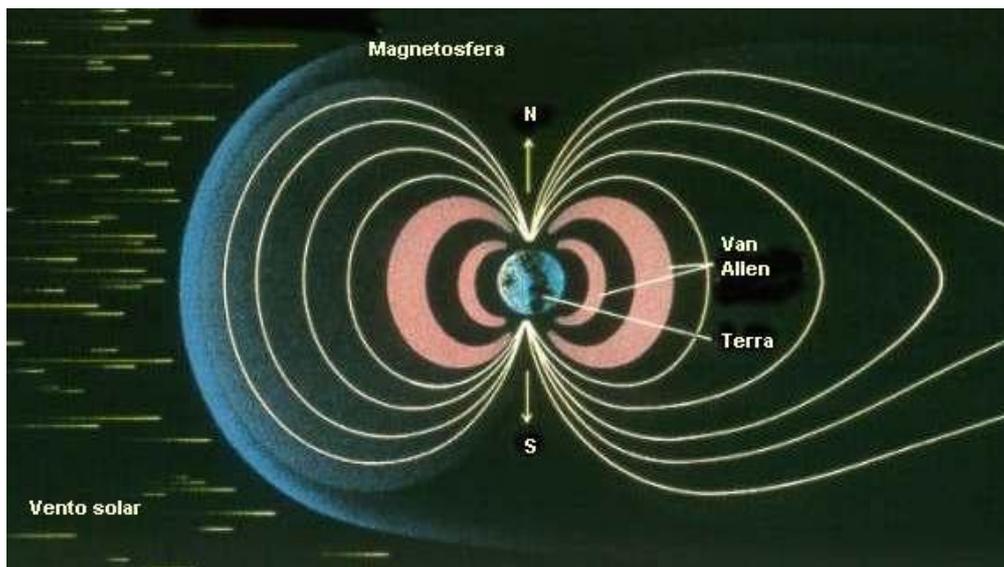


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Representação da deformação das linhas de campo magnético terrestre.

Esta blindagem não é perfeita, calma! Este escudo apresenta rachaduras nos seus polos, isto é, dados enviados por sondas espaciais mostram que existe realmente tais buracos, justamente numa região onde a magnetosfera tem um quilômetro de espessura. Entretanto, este “defeito” permite a formação das auroras boreal e austral. As auroras são fenômenos luminosos que ocorrem nas camadas mais altas da atmosfera. A aurora boreal ocorre no polo norte, já no polo sul temos a aurora austral.

A Figura 66 destaca a interação do vento solar com o campo magnético terrestre; note que, devido a essa interação, ocorre uma deformação nas linhas do campo magnético criado pela Terra.

5. Campo magnético gerado por uma corrente elétrica

O experimento do físico e químico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) conseguiu unificar a eletricidade e o magnetismo, dando origem ao eletromagnetismo.

Este experimento é muito fácil de ser reproduzido, basta ter uma pequena bússola, um fio fino condutor e uma ou duas pilhas de 1,5 volts cada.

O que você poderá ver com a realização deste experimento, foi o que o Oersted demonstrou em 1820, isto é, que a passagem de corrente elétrica por um fio condutor produz efeitos magnéticos ao seu redor.

Para fazer o experimento você precisará seguir os seguintes passos:

1º Coloque a pequena bússola com seus ponteiros em equilíbrio na direção paralela ao fio retilíneo;

2º Ligue as pontas do fio à pilha;

3º Fique ligando e desligando as pontas do fio à pilha, ou seja, faça isso várias vezes e observe o que acontece com a orientação da bússola.

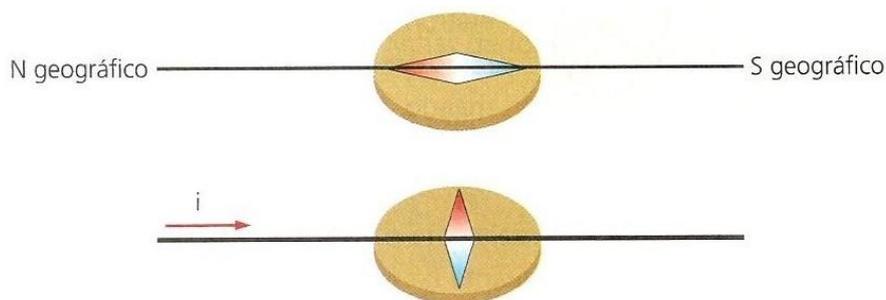


Figura Erro! Nenhuma seqüência foi especificada. - Duas representações do fio e das posições do ponteiro da bússola.

Observação: nesta situação as pilhas estão em curto e fio pode esquentar bastante, por isso a recomendação de ligar e desligar.

Na Figura 67 temos as duas situações. No desenho superior, o ponteiro da bússola e o fio estão posicionados paralelamente e a bússola aponta a direção norte-sul, pois as pontas do fio não estão ligadas às pilhas; já no desenho inferior, o ponteiro da bússola está ortogonal em relação ao fio, pois nesse momento já conectamos as pontas do fio às pilhas e ela está respondendo ao campo magnético gerado pelo fio.

Por isso, no começo deste estudo sobre magnetismo, informamos que não é apropriado deixar cartões magnéticos próximos a aparelhos elétricos. Tentando ser mais claro, vamos supor que por descuido você deixe seu cartão do banco próximo de um fio de um liquidificador, ou batedeira, então ao ligar o seu eletrodoméstico você estará gerando no fio uma corrente elétrica, que cria ao seu redor um campo magnético, que poderá interagir com a parte magnética de seu cartão do banco, modificando-o ou até inutilizando-o.

6. À guisa de conclusão

Pretendemos, com este material, incentivar Professores de Curso superior que trabalham com estudantes de Pedagogia e Professores dos Anos Iniciais a realizar pequenos experimentos relacionados à Física em suas aulas, explorando a metodologia construtivista. Sabemos que as crianças têm muita sede de conhecimento e estão sempre dispostas a aprender mais sobre tudo, inclusive sobre Ciências, mas para tanto precisamos que seus Professores ou futuros Professores conheçam metodologia eficientes que possam ser empregadas no Ensino de Ciências. Nosso objetivo foi auxiliar os atuais e futuros professores, pois entendemos o quanto é difícil ensinar conceitos científicos, embora seja imprescindível fazê-lo desde cedo. Essencial também é alimentar a curiosidade e o espírito investigativo das crianças, deixando que explorem situações, que avaliem possibilidades e que, a partir de vivências concretas, compreendam que a ciência é uma construção humana vital para a sociedade contemporânea e da qual podem vir a participar como futuros usuários e/ou pesquisadores.

REFERÊNCIAS

- BARTHEM, R. **A luz**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- BÔAS, N.V.; BISCUOLA, J.G.; DOCA, R.H. **Física 2**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- BÔAS, N.V.; BISCUOLA, J.G.; DOCA, R.H. **Física 3**. 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- CARVALHO, A.M.P. de. Construção do conhecimento e ensino de ciências. **Em Aberto**. Brasília: INEP, v. 12, n. 55, jul./set., 1992, p.4-16.
- CARVALHO, A.M.P. *et al.* **Ciências no Ensino Fundamental**: o conhecimento Físico. São Paulo: Scipione, 2009.
- DOMINGUINI, L. A transposição didática como intermediadora entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar. Revista Eletrônica de Ciências da Educação, v. 7, n. 2, 2008. <http://189.16.45.2/ojs/index.php/reped/article/view/472>. Acesso em: 08 de Jan. de 2014
- FUKE, L.S.; YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio**: Eletricidade, Física Moderna. 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- FUKE, L.S.; YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio**: Termologia, Óptica, Ondulatória. 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- GASPAR, A. **Experiências de Ciências**: para o ensino fundamental. 1. ed. São Paulo: Ática, 2005.
- GASPAR, A. **Compreendendo a física 3**:ensino médio.1.ed. São Paulo: Ática, 2010.
- SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C.S. **Universo da Física**: hidrostática, termologia, óptica. v. 2, 2.ed. São Paulo: Atual, 2005.
- SANT'ANNA, B.; MARTINI, G.; REIS, H.C.; SPINELLI, W. **Conexões com a Física**: Eletricidade. Física do século XXI. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2010.
- SANT'ANNA, B.; MARTINI, G.; REIS, H.C.; SPINELLI, W. **Conexões com a Física**: Estudo do calor. Óptica Geométrica. Fenômenos Ondulatórios. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2010.
- TORRES, C.M.A.; FERRARO, N.C.; SOARES, P.A.T. **Física Ciência e Tecnologia**: Eletromagnetismo, Física Moderna. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.
- TORRES, C.M.A.; FERRARO, N.C.; SOARES, P.A.T. **Física Ciência e Tecnologia**: Termologia, Óptica, Ondas. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.
- TREFIL, J.S.; HAZEN, M. **Física Viva**: uma introdução à física conceitual. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. 3 v. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

