

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS – MESTRADO PROFISSIONAL**

**OBJETOS DE APRENDIZAGEM E O ENSINO DE
CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO NO
ENSINO MÉDIO**

JOSÉ MAURO DE SOUSA

Itajubá, Dezembro de 2012.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS – MESTRADO PROFISSIONAL**

JOSÉ MAURO DE SOUSA

**OBJETOS DE APRENDIZAGEM E O ENSINO DE
CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO NO ENSINO
MÉDIO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional.

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Paula dos Santos Malheiros

Co-Orientador: Prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho

Dezembro de 2012

Itajubá – MG

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá
Bibliotecária Jacqueline Balducci – CRB_6/1698

S826o

Sousa, José Mauro de.

Objetos de aprendizagem e o ensino de conceitos de eletromagnetismo no ensino médio. / José Mauro de Sousa. – Itajubá, (MG) : [s.n.], 2012.

177 p. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula dos Santos Malheiros.

Co-Orientador: Newton de Figueiredo Filho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Ensino de Física. 2. Tecnologias de Informação e Comunicação. 3. Visualização. 4. Objetos de aprendizagem. 5. Ensino médio. I. Malheiros, Ana Paula dos Santos, orient. II. Figueiredo Filho, Newton de, co-orient. III. Universidade Federal de Itajubá. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

JOSÉ MAURO DE SOUSA

**OBJETOS DE APRENDIZAGEM E O ENSINO DE CONCEITOS DE
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 17 de Dezembro de 2012,
conferindo ao autor o título de *Mestre em Ensino de Ciências –
Mestrado Profissional*.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Scucuglia Rodrigues da Silva

Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Júnior

Prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho (Co-Orientador)

Prof^a. Dr^a. Ana Paula dos Santos Malheiros (Orientadora)

Itajubá

2012

Aos meus pais, exemplos de caráter, companheirismo e bondade. Vocês sempre serão o maior referencial em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais esta conquista. Por me sentir amparado e protegido nos momentos de maior dificuldade e insegurança.

A minha grande família por tudo aquilo que representa em minha vida. Aos meus pais, José Augusto e Inês, pelo o que sempre fizeram e fazem por nós, seus filhos. Aos meus irmãos: Carlos, Elizabeth, Eliana, Marcos, Edson, Luiz Paulo, Rogério e Leonardo. Sou sempre grato pela amizade e companheirismo de vocês. Cada um, a sua maneira, sempre me apoiou e incentivou quanto as minhas decisões. Aos meus sobrinhos que tanto amo: Taís, Ana Carolina, Rodrigo, Aline, Augusto e Isabely. Sei que souberam entender os momentos em que estive mais ausente durante estes quase dois anos.

Aos colegas de República que me acolheram novamente durante os dias que passei em Itajubá. De modo especial, aos grandes amigos Kátia e Mateus que sempre atenderam aos favores solicitados nas diversas vezes em que precisei.

Aos amigos Paulo Henrique e Patrícia e a minha afilhada Clara.

Ao grande amigo Douglas D'Angelo pelas sábias palavras de incentivo e apoio que recebi, principalmente nesta fase final do trabalho.

À direção da E. E. Prof^a. Maria Amália de Magalhães Turner pelo apoio durante o desenvolvimento da pesquisa. Aos colegas professores e demais funcionários, pela amizade e carinho de vocês. De modo especial, às amigas professoras Cristina, Rita e Andréa, pela força nos momentos de maior dificuldade e preocupação e por todo o auxílio recebido nos períodos mais turbulentos. À Prof^a. Ana Paula que também sempre me incentivou para a realização deste projeto e à Prof^a. Ádila (*in memoriam*), da qual sentimos tanta saudade.

Aos meus alunos, principalmente àqueles que participaram da pesquisa que resultou neste trabalho.

À Prof^a. Isabel Monteiro da Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá, por toda a atenção recebida e pela indicação do aluno que me auxiliou no período de coleta de dados.

Ao colega Paulo Henrique do Nascimento França pela colaboração nas filmagens realizadas durante a coleta de dados. Não tenho palavras para agradecer todo o auxílio e a dedicação recebida. Sua contribuição foi muito importante para o desenvolvimento de minha pesquisa.

À Secretaria de Educação do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro recebido.

Aos colegas do Programa de Mestrado: Adriana, Aline (grande companheira da maioria dos trabalhos que desenvolvi durante o curso), Antônio Marcos, Cristina Macedo, Cristina Rezende, Gisele, Janet, Lílian, Luciene, Marília, Patrícia, Rafael e Romualdo. Sou grato pela amizade e pelas alegrias e angústias compartilhadas.

Aos professores do Mestrado por toda a contribuição nesta etapa de minha formação. De modo particular, aos professores Agenor Pina e Mikael Rezende pelas valiosas contribuições durante a qualificação do meu trabalho.

E, finalmente, aos meus orientadores, Prof^a. Paula Malheiros e Prof. Newton Figueiredo, por toda paciência, atenção e comprometimento no desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

Este trabalho constitui uma pesquisa de caráter qualitativo a respeito das potencialidades das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o ensino de Física no Ensino Médio, a qual investiga como os objetos de aprendizagem (OA) podem contribuir para o ensino de conceitos de Eletromagnetismo em uma turma da terceira série, em uma escola da cidade de Guaratinguetá – SP. A pesquisa foi realizada a partir do desenvolvimento de sequências de atividades em que se fez uso de OA. Os dados foram coletados por meio de fichas com questões a respeito das atividades, além dos registros no caderno de campo do professor-pesquisador e do uso de uma filmadora e de um gravador de áudio. A análise dos dados foi feita pela triangulação das informações obtidas pelos instrumentos de coleta e mostrou que os OA utilizados constituem um importante recurso para o ensino. As simulações proporcionadas pelos OA possibilitaram a visualização dos fenômenos físicos estudados, os quais, no caso do Eletromagnetismo, exigem maior capacidade de abstração para o seu entendimento. As atividades realizadas também favoreceram o desenvolvimento de determinadas habilidades relacionadas à competência de investigação e compreensão dos conceitos físicos. Também pôde ser verificada na pesquisa realizada a influência de elementos relacionados à presença da Matemática no ensino de Física. Além disso, uma maior interação entre os alunos e entre os alunos e o professor foi observada ao longo das aulas em que tal investigação foi desenvolvida.

Palavras-chave: Ensino de Física, Visualização, Tecnologias de Informação e Comunicação, Ensino Médio, Objetos de aprendizagem.

ABSTRACT

This work is a qualitative research on the potential of Information and Communication Technology (ICT) to Physics teaching at the secondary school level. The research investigates how Learning Objects (LO) may contribute to teach concepts of Electromagnetism in a class of the third grade of a high school in Guaratinguetá, Brazil. The study analyses a set of classroom activities in which we used LO. Data were collected by means of sheets with questions about the activities, as well as by records in the field book of the teacher-researcher and the use of a video camera and an audio recorder. Data analysis was done by triangulation of information obtained by the data collection instruments and showed that LO are an important teaching resource. The simulations provided by LO allowed the visualization of physical phenomena, which, in the case of Electromagnetism, requires a greater abstraction capacity. The activities also favored the development of skills related to the ability of understanding physical concepts. It could also be noted the influence of survey items related to the use of mathematics in physics teaching. Moreover, greater interaction among students and between students and the teacher was observed along the lessons during which this research was conducted.

Keywords: Physics Teaching, Visualization, Information and Communication Technology, High School, Learning Objects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Regra da mão direita, regra da mão esquerda e símbolos “ <i>saindo do plano</i> ” e “ <i>entrando no plano</i> ”	62
Figura 4.1 – Imagens do ambiente de pesquisa	74
Figura 4.2 – Imagens da sala de informática	75
Figura 4.3 – Orientações para realização das atividades no TelEduc	77
Figura 4.5 – OA <i>Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday</i>	80
Figura 4.6 – OA <i>Movimento de Cargas num Campo Magnético</i>	91
Figura 4.7 – Simulação Solenoide.....	95
Figura 4.9 – Simulação Eletroímã.....	96
Figura 5.1 – Lançamento da partícula fora da região de campo magnético e em seu interior	100
Figura 5.2 – Trajetórias: partículas de cargas positiva e negativa.....	102
Figura 5.3 – Pontinho representando o centro da trajetória circular.....	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Atividades iniciais realizadas com a utilização do OA <i>Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday</i>	89
Quadro 4.2 – Atividades realizadas com a utilização do OA <i>Movimento de Cargas num Campo Magnético</i>	93
Quadro 4.3 – Atividades finais realizadas com a utilização do OA <i>Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday</i>	96

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
Trajetória Docente	13
Estrutura da Dissertação	17
CAPÍTULO 1 - A PESQUISA	19
1.1. Objetivos.....	19
1.1.1. Objetivo Geral	19
1.1.2. Objetivos Específicos	19
1.2. Justificativa	19
CAPÍTULO 2 - O ENSINO FÍSICA E AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NAS PESQUISAS DAS ÚLTIMAS DÉCADAS	23
2.1. As Tecnologias de Informação e Comunicação e o Ensino de Física	24
2.1.1. Coleta e Análise de Dados	26
2.1.2. Modelagem, Animações e Simulações.....	28
2.1.3. Multimídias	29
2.1.4. Ambientes Virtuais.....	35
2.1.5. Internet: outra possibilidade	38
2.2. O Eletromagnetismo nas aulas de Física do Ensino Médio.....	39
2.3. Tecnologias de Informação e Comunicação e o ensino de Eletromagnetismo.....	41
CAPÍTULO 3 - OBJETOS DE APRENDIZAGEM E O ENSINO DE FÍSICA: PRINCIPAIS CONCEITOS, POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES	44
3.1. As Tecnologias de Informação e Comunicação e as aulas de Física no Ensino Médio 44	
3.1.1. Objetos de Aprendizagem e o Ensino de Física	45
3.1.2. As simulações e as aulas de Física no Ensino Médio: potencialidades e limites para a utilização desses OA.....	49
3.2. O Ensino de Física e a Matemática.....	55
3.3. Visualização e o Ensino de Física.....	64
3.3.1. As visualizações externas	65

3.3.2.	As visualizações internas.....	67
3.3.3.	As visualizações como um tipo de habilidade espacial.....	69
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DE PESQUISA		71
4.1.	Caracterização da Pesquisa	71
4.2.	Contexto do Estudo.....	73
4.2.1.	O Piloto.....	75
4.2.2.	A Pesquisa	80
4.3.	Coleta de Dados	80
4.3.1.	Organização dos Dados	83
4.4.	Análise de Dados	84
4.5.	As Atividades desenvolvidas	86
4.5.1.	As atividades com o uso do OA Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday: investigações iniciais a respeito dos fenômenos eletromagnéticos.....	87
4.5.2.	As atividades com o uso do OA Movimentos de Cargas num Campo Magnético	90
4.5.3.	As atividades com o uso do OA Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday: campo magnético gerado por cargas em movimento e a corrente induzida.....	95
CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS		98
5.1.	Visualização.....	98
5.2.	Ensino de Física e a Matemática.....	112
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS		124
REFERÊNCIAS		129
Apêndice A – Termo de Autorização		137
Apêndice B – Texto “Ímãs e Interações”		137
Apêndice C – Texto “Campo Magnético”.....		142
Apêndice D - FICHAS DE ATIVIDADES.....		147
Ficha de Atividades 01: questionamentos iniciais a respeito do magnetismo.....		148
Ficha de atividades 02: observação da interação entre ímãs e bússolas a partir do OA.....		149
Ficha de atividades 03: observação das linhas de campo a partir do OA.....		150
Ficha de atividades 04: observação da intensidade do campo magnético ao redor do ímã....		151
Ficha de atividades 05: observação inicial da trajetória de uma carga elétrica na região de campo magnético perpendicular ao seu movimento.....		152
Ficha de atividades 06: observação da trajetória da partícula lançada antes de passar pela região de campo magnético.		153

Ficha de atividades 07: observação da trajetória da partícula lançada ao passar pelo interior da região de campo magnético.....	154
Ficha de atividades 08: conclusões a respeito da trajetória da carga elétrica em movimento no interior da região de campo magnético e fora dela.....	155
Ficha de atividades 09: comparação das trajetórias no movimento de partículas de natureza oposta.....	156
Ficha de atividades 10: observação da influência do sentido de atuação do campo magnético sobre a trajetória da partícula em movimento.	157
Ficha de atividades 11: comparação da influência da velocidade da partícula em movimento na trajetória descrita por ela.	158
Ficha de atividades 12: comparação da influência da carga da partícula em movimento na trajetória descrita por ela	159
Ficha de atividades 13: atividades para observação da influência da intensidade do campo magnético na trajetória da partícula em movimento.	160
Ficha de atividades 14: atividades para comparação da influência do valor da massa da partícula em movimento na sua trajetória.	161
Ficha de atividades 15: questão a respeito das conclusões obtidas a partir de observações realizadas na sequência de atividades anterior.	162
Ficha de atividades 16: questão a respeito da dependência da força magnética em relação aos parâmetros investigados na sequência de atividades realizada.	163
Ficha de atividades 17: exercício a respeito dos conceitos de Eletromagnetismo estudados durante a sequência de atividades com uso do OA <i>Movimento de Cargas num Campo Magnético</i>	164
Ficha de atividades 18: exercício a respeito dos conceitos de Eletromagnetismo estudados durante a sequência de atividades com uso do OA <i>Movimento de Cargas num Campo Magnético</i>	165
Ficha de atividades 19: exercício a respeito dos conceitos de Eletromagnetismo estudados durante a sequência de atividades com uso do OA <i>Movimento de Cargas num Campo Magnético</i>	166
Ficha de atividades 20: comparação entre os valores para o raio da trajetória obtidos a partir do cálculo realizado com a equação da Força de Lorentz e da simulação no OA.....	167
Ficha de atividades 21: Campo magnético gerado por correntes elétricas.....	168
Ficha de atividades 22: Campo magnético gerado por correntes elétricas – conclusões.....	169
Ficha de atividades 23: Corrente elétrica induzida.....	170
Ficha de atividades 24: Fatores que determinam a intensidade da corrente elétrica induzida.....	171
Ficha de atividades 25: Conclusões.....	172
Apêndice E - QUESTIONÁRIOS	173
Questionário 1: Pesquisa de Opinião dos Alunos (Fase inicial da Pesquisa).....	174
Questionário 2: Pesquisa de Opinião dos Alunos (Fase Final da Pesquisa).....	175
Apêndice F – Produto Educacional resultante da pesquisa	177

INTRODUÇÃO

Esta introdução apresenta um breve relato a respeito da experiência profissional no Ensino Médio do autor da dissertação, vivenciada ao longo de sete anos como professor da rede pública de ensino, e como a mesma o conduziu para a elaboração deste estudo. Além disso, também é apresentada a forma como este trabalho está estruturado.

Trajetória Docente

Embora tenha iniciado minha carreira profissional no ano de 2006, após a conclusão do curso de Física Licenciatura na Universidade Federal da Itajubá (UNIFEI), considero as primeiras experiências vividas quando iniciei o período correspondente ao Estágio Supervisionado, um dos componentes curriculares obrigatórios para a obtenção do título de Licenciado em Física, como sendo de grande importância para a minha formação como professor.

Apesar das discussões realizadas em algumas disciplinas específicas da licenciatura, em especial nas aulas de Prática de Ensino, foi a partir de um estágio, iniciado quando estava no quinto período da graduação, que pude ter uma ideia daquilo que me aguardava nas salas de aula quando terminasse minha licenciatura. Passei a trabalhar com um grupo de alunos do 2º Ano do Ensino Médio que não haviam sido aprovados em Física no 1º Ano, na E. E. Sebastião Pereira Machado, em Piranguinho – MG, escola na qual viria a assumir algumas aulas de Física três anos depois.

Assim, durante o ano de 2004, uma vez por semana, ministrei aulas de Física a estes alunos. Neste período, comecei a me deparar com alguns dos principais problemas vivenciados mais tarde nas salas de aula: alunos pouco motivados, com dificuldades de aprendizagem, desistência e até mesmo problemas relacionados à estrutura da sala de aula, uma vez que as aulas eram realizadas em um espaço improvisado no salão pastoral da cidade. Devido à pouca experiência e à imaturidade, acredito que pouco contribuí para o desenvolvimento daqueles alunos, mas, em contrapartida, as situações

vivenciadas trouxeram grandes contribuições para o meu desenvolvimento como professor.

Em 2005, sob a orientação do Prof. Msc. Antonio Luiz Fernandes Marques (UNIFEI), tive a oportunidade de realizar um trabalho de iniciação científica intitulado *Mural Clipe Ciência*. Este trabalho consistia em um projeto de Divulgação Científica criado pelo Núcleo José Reis de Divulgação Científica, da Universidade de São Paulo, e era voltado, principalmente, para alunos e professores do Ensino Médio. O trabalho teve como resultado um *site* que trazia informações sobre ciência e tecnologia, abordando assuntos como “1905: o Ano Miraculoso de Einstein” e “O Sistema Solar”. Também foi desenvolvida neste projeto uma história em quadrinhos com o tema “Missões ao Planeta Vermelho”, a qual apresentava uma breve retrospectiva das missões enviadas ao Planeta Marte, relatando as principais conquistas e os maiores fracassos desde as primeiras sondas espaciais enviadas na década de 1960.

As atividades que realizei durante o período de iniciação científica constituem o primeiro contato que tive quanto ao uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para o ensino, ainda que naquela época desconhecesse, inclusive, a existência de tal termo, tampouco o seu uso no contexto educacional. Apesar disso, durante o desenvolvimento do projeto, pude perceber que a divulgação científica, sob os mais diversos meios, constitui um interessante aliado ao ensino da Física.

Naquele ano também tive a oportunidade de participar da VI Escola de Inverno de Itajubá “*Em Dia com o Saber*”, onde pude atuar como monitor nas oficinas “*Computador – Ferramenta do Professor*” e “*Experimentoteca*”. Na primeira oficina me surpreendi com a dificuldade de alguns professores para utilizar o computador, não por falta de acesso a ele, mas por resistência em fazer uso dessa tecnologia. O mais curioso é que ainda hoje encontro alguns colegas na mesma situação. Já na segunda oficina pude perceber o entusiasmo de alguns professores em observar e realizar algumas demonstrações experimentais possíveis de serem desenvolvidas em sala de aula.

Foi também durante o ano de 2005 que desenvolvi minha monografia de final de curso “*O Perfil do Ensino de Física do Ensino Médio na cidade de Itajubá:*

Fundamentos para a Licenciatura”, tendo como orientadora a Prof^a. Dr^a. Rita de Cássia Magalhães Trindade Stano (UNIFEI). Neste trabalho foi possível identificar os principais problemas relacionados ao ensino da Física, com base em informações levantadas junto aos professores e aos alunos de Ensino Médio da cidade de Itajubá - MG.

Minha primeira atividade como docente após a conclusão da graduação foi na E. E. Comendador Mário Goulart Santiago, na cidade de Pedralva – MG, onde lecionava aulas de Física para alunos do 3º Ano do Ensino Médio e também para alunos do 2º Ano da Educação de Jovens e Adultos (EJA), ambas as turmas no período noturno. Confesso que mesmo com as experiências dos estágios realizados e as informações levantadas a respeito do ensino de Física em minha monografia de final de curso, fiquei surpreso diante das situações com as quais me deparava em sala de aula. Percebi que mais do que planejamento, o processo de ensino e aprendizagem envolve, principalmente, mudanças. Afinal, muito do que se é planejado parece não funcionar nessas diversas situações, precisando ser revisto e alterado ao longo do ano.

Pouco tempo depois surgiu também a oportunidade de trabalhar como professor no ensino técnico. Assumi aulas de Teoria da Eletricidade Básica no curso técnico em Telecomunicações, no Centro de Educação Profissional de Itajubá. Foi uma experiência bem interessante e um pouco diferente daquelas que tive com as aulas no Ensino Médio. Trabalhei com esta disciplina por pouco mais de quatro meses, quando se encerrou o Primeiro Módulo das turmas que havia assumido. A partir de então, passei a dar aulas de Matemática Financeira para as turmas do curso técnico em Administração que se iniciava na escola. Considerando o conhecimento que tinha sobre o assunto na época, as primeiras aulas foram um grande desafio, nas quais precisei de maior dedicação e estudo do que o habitual ao preparar as minhas aulas. Porém, considero este período que trabalhei com Matemática Financeira a minha grande realização como professor. Acredito que consegui fazer um bom trabalho, pois percebi o desenvolvimento e a superação de grande parte de meus alunos.

Infelizmente, o fato de não ser concursado no estado dificilmente possibilitava que o professor mantivesse um vínculo com a escola na época, principalmente para quem estivesse no início de carreira. Assim, em 2007, assumi aulas em duas novas

escolas: E. E. Florival Xavier, em Itajubá e E. E. Sebastião Pereira Machado, em Piranguinho. Novas escolas, situações e experiências. Em uma delas pude perceber, mais do que nunca, o quanto um trabalho em conjunto poderia fazer a diferença. Infelizmente, da pior maneira. Foi o período em que enfrentei mais problemas em salas de aulas e também em que menos tive o apoio da direção e demais colegas professores.

Em agosto de 2007, também comecei a exercer a atividade de tutor no Curso de Física a Distância, na UNIFEI. Inicialmente como tutor da disciplina Introdução à Educação a Distância e, posteriormente, como tutor da disciplina Introdução à Física. Já havia tido contato com essa modalidade de ensino durante a graduação e, mesmo sabendo de sua grande expansão nos últimos anos, ainda a encarava com pouco crédito e muita suspeita. Mas, nesse período que trabalhei como tutor mudei meu pensamento a respeito e pude perceber as potencialidades que um ambiente virtual de Educação a Distância pode oferecer ao ensino.

Em fevereiro de 2008, iniciei as minhas atividades como professor da E. E. Prof^a Maria Amália de Magalhães Turner, em Guaratinguetá – SP, após a aprovação no concurso para professores da Secretaria Estadual de Educação de São Paulo, no ano anterior. Finalmente, consegui manter o vínculo com uma escola e continuar o trabalho com os alunos de um ano para outro. Isto, associado ao fato de estar em um local onde tenho o apoio da equipe gestora, me faz enxergar perspectivas naquilo que faço, mesmo diante das diversas dificuldades a serem superadas que encontro no dia a dia em sala de aula.

Durante esse período de docência na Educação Básica aqui recordado, foi presença constante a preocupação quanto ao ensino e à aprendizagem de Física nas minhas aulas. Diante da diversidade de problemas enfrentados diariamente, dos incômodos e inquietações em relação a determinados fatos, alternando entre períodos de certo desânimo e outros de maior otimismo, reconhecendo minhas limitações enquanto professor e a necessidade de mudanças em muitas práticas adotadas durante as aulas, percebi, mais do que nunca, o quanto seria importante continuar minha formação.

Na verdade, ao terminar a licenciatura, já tinha em mente a ideia de complementar meus estudos com uma pós-graduação e meu objetivo também na época

era de que fosse um curso ligado à área de ensino. Entretanto, o desejo de iniciar minha carreira como professor, associado ao meu pensamento de que para compreender as questões ligadas ao ensino da Física era preciso conhecer de fato a realidade em sala de aula, adiaram por um certo tempo minhas intenções da época.

A criação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na UNIFEI foi a oportunidade que eu tanto aguardara para a continuação de meus estudos. A minha escolha pela linha de pesquisa *Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências* foi feita por considerar as tecnologias digitais como uma das alternativas em potencial para as práticas desenvolvidas no ensino de Física, ainda que não tivesse desenvolvido em minhas aulas nenhum trabalho relevante com uso delas e que meu conhecimento a respeito das TIC e de suas potencialidades para o ensino fosse insignificante.

A partir dos estudos e reflexões realizados durante as disciplinas cursadas e também daqueles que foram efetuados ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, e ainda, das fundamentais contribuições dos professores do Programa, sobretudo daqueles responsáveis pela orientação deste trabalho, é que pude iniciar meu processo de amadurecimento em relação às potencialidades da utilização das TIC nas situações de ensino e aprendizagem e estruturar minhas ideias para o desenvolvimento desta dissertação.

Estrutura da Dissertação

Este trabalho é constituído por seis capítulos, além desta introdução.

O primeiro capítulo apresenta os principais elementos que justificam a pesquisa realizada assim como sua questão norteadora e os objetivos definidos para a sua realização.

No segundo capítulo é feita a revisão de alguns dos principais trabalhos que abordam a utilização de TIC nas aulas de Física do Ensino Médio, além do resgate de alguns estudos que discutem o tema Eletromagnetismo também a partir de outros contextos de ensino.

Os aportes teóricos que fundamentam o trabalho encontram-se no Capítulo 3, no qual são apresentados os principais conceitos e considerações envolvidos no ensino de Física e no uso de TIC para este fim.

Já o Capítulo 4 é dedicado à caracterização da pesquisa, sendo discutidos o contexto em que o estudo foi realizado e também os procedimentos metodológicos envolvidos.

No Capítulo 5, os dados coletados na pesquisa são apresentados e sua análise, com base na fundamentação teórica apresentada no terceiro capítulo, é feita a partir de dois temas resultantes na organização das informações obtidas.

E, no último capítulo, são feitas as considerações finais sobre a pesquisa desenvolvida.

CAPÍTULO 1

A PESQUISA

Neste capítulo inicial são apresentados o problema de pesquisa, sua justificativa e os objetivos traçados para o desenvolvimento da investigação que resultou na presente dissertação.

1.1. Objetivos

Para a realização desta pesquisa foi considerada a seguinte questão norteadora: *Como os objetos de aprendizagem podem contribuir para o ensino de conceitos de Eletromagnetismo no Ensino Médio?*

Com base em tal questionamento, foram definidos os seguintes objetivos:

1.1.1. Objetivo Geral

Investigar as potencialidades e as contribuições dos objetos de aprendizagem (OA) no ensino de conceitos de Física para alunos do Ensino Médio, a partir do uso de simulações durante as aulas de Eletromagnetismo.

1.1.2. Objetivos Específicos

- a) Desenvolver atividades que utilizem TIC no ensino de conceitos de Eletromagnetismo;
- b) Aplicar atividades que contemplem o uso de simulações nas aulas de Física sobre Eletromagnetismo para uma turma da Terceira Série do Ensino Médio;
- c) Identificar as contribuições do uso das TIC nas aulas de Física, a partir da análise das atividades realizadas pelos alunos.
- d) Desenvolver um produto educacional direcionado a professores da Educação Básica que contemple o uso de OA durante o ensino de conceitos de Eletromagnetismo.

1.2. Justificativa

As pesquisas realizadas na última década a respeito do ensino de Física no nível médio revelaram uma preocupação quanto às metodologias e às estratégias alternativas às tradicionais práticas desenvolvidas em sala de aula (REZENDE;

OSTERMANN; FERRAZ, 2009). Tal preocupação também pode ser verificada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2000), os quais destacam a necessidade de mudanças quanto às formas de ensino comumente desenvolvidas durante as aulas de Física da Educação Básica:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver (BRASIL, 2000, p. 22).

Tais práticas pedagógicas citadas pelo documento, ainda que continuem sendo exclusivamente adotadas por grande parte dos professores de nosso país, também constituem motivo de insatisfação para os mesmos (REZENDE; OSTERMANN, 2005). Embora não se encontre na literatura nenhum trabalho que investigue de forma efetiva o ensino de Física a partir da visão do aluno, pode-se também estender tal insatisfação a muitos estudantes do Ensino Médio, em relação as suas aulas de Física.

Dentre as possibilidades apontadas para o ensino de Física, um dos temas que vêm ganhando destaque nos trabalhos da área publicados recentemente diz respeito ao uso das TIC no contexto escolar (REZENDE; OSTERMANN; FERRAZ, 2009), sobretudo as tecnologias computacionais (ARAÚJO; VEIT, 2004). Os próprios PCN (BRASIL, 2000) apontam para a importância do reconhecimento da informática como uma ferramenta para novas estratégias de aprendizagem que contribui para a construção do conhecimento das diversas áreas. Da mesma maneira, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+ (BRASIL, 2002), ao tratar das formas de expressão do saber da Física, chama a atenção acerca da importância da busca por outras formas de expressão do conhecimento para o desenvolvimento das competências e habilidades desejáveis que vão além das tradicionais abordagens de resolução de problemas e da linguagem matemática. Nesse

sentido, destacam o uso adequado dos meios tecnológicos, como os diversos recursos proporcionados pelos computadores.

Apesar dos argumentos apresentados no parágrafo anterior, ainda são poucos os trabalhos que tratam da adoção de práticas pedagógicas no Ensino Médio que contemplem o uso das TIC, segundo apontam os autores ali citados. Deste modo, o estudo aqui exposto pretende contribuir, de alguma forma, para a mudança desse quadro, apresentando a possibilidade de realização de situações de ensino em Física, a partir da utilização das TIC, e, principalmente, investigando as potencialidades das mesmas para o ensino de conceitos físicos no Ensino Médio, conforme os objetivos definidos nesta pesquisa.

A escolha pelo tema Eletromagnetismo foi feita considerando que este é um dos conteúdos da Física com maior dificuldade de aprendizagem pelos estudantes, como foi destacado por Paz (2007). O autor chama a atenção para as dificuldades “na visualização espacial das interações entre as grandezas físicas e nas relações matemáticas que envolvem estas grandezas” (PAZ, 2007, p. 25). Assim, partindo-se do pressuposto de que as TIC podem contribuir para a superação de tais dificuldades durante o ensino de conceitos de Eletromagnetismo, buscou-se identificar se tal hipótese se verificava na prática durante as aulas de Física em uma escola pública, ainda que, em se tratando dos problemas quanto ao uso das TIC no ensino pelos professores, “a falta de recursos físicos e humanos na escola para isso também é apontada como um obstáculo” (REZENDE; OSTERMANN, 2005, p. 325).

Já o uso de objetos de aprendizagem (OA) neste trabalho deve-se, principalmente, pelo fato de tratar de uma tecnologia de fácil acesso, a partir das bibliotecas digitais (repositórios) disponíveis na internet, as quais disponibilizam vários OA de boa qualidade e de uso gratuito, conforme destacam Miranda, Arantes e Studart (2011). A utilização de OA no ensino de Física está apoiada no fato de que as simulações interativas, proporcionadas por determinados OA, “já constituem um mecanismo eficiente para apresentar conceitos científicos e contribuir para tornar os professores facilitadores e os alunos autônomos no processo de ensino e aprendizagem” (MIRANDA; ARANTES; STUDART, 2011, p. 2). Embora as simulações computacionais de experimentos de Física não devam substituir experimentos reais,

como destacam os autores, dadas as suas limitações e por se basearem em um modelo que simplifica a realidade (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002), as suas potencialidades para as aulas de Física no Ensino Médio não podem ser desprezadas.

Portanto, a partir das considerações aqui realizadas, acredita-se ser relevante a investigação a respeito do uso de OA nas aulas de Física do Ensino Médio, em especial durante o ensino de conceitos de Eletromagnetismo, justificando, deste modo, a realização do presente trabalho.

No capítulo seguinte é feita a revisão dos principais trabalhos que abordam o ensino e a aprendizagem de conceitos físicos no Ensino Médio, a partir da utilização de TIC.

CAPÍTULO 2

O ENSINO FÍSICA E AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NAS PESQUISAS DAS ÚLTIMAS DÉCADAS

O presente capítulo apresenta uma revisão dos trabalhos desenvolvidos nos últimos anos que discutem o ensino e a aprendizagem de Física no Ensino Médio com o uso de TIC, mais especificamente aquelas relacionadas às tecnologias computacionais, e os trabalhos que abordam o ensino de Eletromagnetismo.

No caso dos trabalhos que contemplam a utilização de TIC, tal revisão ocorreu com base em três artigos nacionais (ROSA, 1995; ARAÚJO; VEIT, 2004; MARTINS; GARCIA; BRITO, 2011), os quais identificam as potencialidades e uso das tecnologias computacionais para o ensino de Física segundo as publicações das principais revistas nacionais e internacionais¹ da área. Na análise realizada em tais publicações foi possível observar o panorama a respeito do tema nas últimas três décadas, sendo identificadas, principalmente, as seguintes categorias para o uso do computador nas aulas de Física: coleta e análise de dados; modelagem, animações e simulações; recursos multimídias; ambientes virtuais e internet.

Deste modo, buscando identificar tais categorias no caso das aulas do Ensino Médio, foram consideradas, posteriormente, as publicações dos programas nacionais de pós-graduação em Ensino de Ciências e em Ensino de Física e também do Caderno Brasileiro de Ensino de Física e da Revista Brasileira de Ensino de Física. Considerou-se ainda outras revistas nacionais da área de Ensino de Física, mas trabalhos específicos a respeito dos temas relacionados à revisão não foram encontrados.

Para a revisão de trabalhos que abordam o ensino de Eletromagnetismo no nível Médio também foram consideradas as fontes citadas nas publicações mencionadas no parágrafo anterior. Neste caso, assim como na categoria sobre o uso da internet para

¹ Martins, Garcia e Brito (2011) consideram apenas revistas nacionais.

o ensino de Física, foi feita ainda uma busca em eventos da área, mas sem muito resultado. Apenas alguns poucos trabalhos foram encontrados nas atas do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF).

2.1. As Tecnologias de Informação e Comunicação e o Ensino de Física

Analisando-se a produção acadêmica na área de ensino de Física desenvolvida em cursos de Pós-Graduação, além das atuais publicações dos principais periódicos e eventos relacionados a esse tema, é possível identificar que a inserção das TIC para o ensino e a aprendizagem de conceitos de Física no Ensino Médio tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores no país. Conforme será observado nos parágrafos seguintes, situações de ensino baseadas na utilização das TIC têm sido desenvolvidas para tratar de temas que vão da Física Clássica à Física Moderna e Contemporânea, ainda que haja maior predominância de trabalhos de determinados temas. Tais situações têm buscado, sobretudo, contribuir para a aprendizagem dos conceitos físicos estudados, além de oferecer aos professores estratégias que valorizem uma maior participação e interação de seus alunos, constituindo também fator de motivação para o interesse dos mesmos em relação à Física.

Rosa (1995), ao fazer uma revisão dos artigos apresentados nas principais revistas nacionais e internacionais que abordavam temas relacionados ao ensino de Física, no período de 1979 a 1992, buscou identificar as potencialidades e as formas de uso do computador para esse fim, estabelecendo as seguintes categorias para os trabalhos encontrados: utilização como ferramenta de laboratório para controle de experimentos em tempo real, uso do computador para análise de dados obtidos em experimentos de laboratório, introdução dos estudantes ao uso de computadores, computador usado como avaliador da aprendizagem, utilização do computador para a instrução individualizada, uso na simulação de situações físicas e computador utilizado na administração escolar. Para o autor, a análise dos trabalhos mostrou que, na época, ainda não havia evidências suficientes para se afirmar a vantagem ou desvantagem de se utilizar o computador no ensino de Física.

Araújo e Veit (2004) também fizeram um levantamento em revistas nacionais e internacionais da área, a partir de publicações entre 1990 e 2003, apresentando as seguintes modalidades para os artigos analisados: instrução e avaliação mediada por computador, modelagem e simulação computacional, coleta e análise de dados em tempo real, recurso multimídia, comunicação à distância, resolução algébrica/numérica e visualização de soluções matemáticas e estudo de processos cognitivos. De acordo com os autores, a confusão entre pesquisa e desenvolvimento instrucional que costuma acontecer no ensino de Física também se repete quanto ao uso das tecnologias computacionais:

No passado era comum confundir-se a produção de equipamento de laboratório ou a produção de livros e vídeos didáticos com pesquisa em ensino de Física. Agora a confusão pode estar na produção de softwares, ambientes virtuais e outros recursos computacionais. Se assim for, podemos estar testemunhando, outra vez, um grande desperdício de esforços e entusiasmo. Não se melhora o ensino simplesmente produzindo novos e sofisticados recursos instrucionais. O desenvolvimento instrucional deve estar acoplado à pesquisa em ensino ou, pelo menos, levar em conta o conhecimento produzido pela pesquisa em ensino e os enfoques teóricos sobre aprendizagem compartilhados pela comunidade de educadores e pesquisadores em Ensino de Física (ARAÚJO; VEIT, 2004, p. 12).

Já Martins, Garcia e Brito (2011), realizam a análise da produção recente nos periódicos nacionais a respeito da abordagem do uso de TIC² no ensino de Física, considerando o período entre o primeiro semestre de 2000 e o primeiro semestre de 2010, classificando os trabalhos pesquisados nas seguintes categorias: Discussão sobre teorias de aprendizagem, uso de softwares de animação, simulação e modelagem, aquisição e análise de dados experimentais com o computador, ambiente virtual de aprendizagem e uso da internet nas situações de ensino e aprendizagem. Os autores alertam para a ideia instrumentalista do ensino observada em alguns artigos nos quais o uso das TIC ocorria apenas para facilitar processos de aquisição e análise de dados:

Apesar da importância de se aprimorar cada vez mais os métodos de coleta de dados em um laboratório de Física, a falta de relação entre o desenvolvimento das “ferramentas” e o uso que se faz delas implica em considerar que as coisas não possuem uma história e que sempre foram assim, levando-se a se pensar, inclusive, que não é necessário compreender o

² Os autores utilizam o termo Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC) em vez de TIC. Esta dissertação não faz distinção entre os dois termos, de modo que o segundo sempre será utilizado como referência a qualquer Tecnologia de Informação e Comunicação.

processo, uma vez que a “tecnologia” cumpre este papel (MARTINS; GARCIA; BRITO, 2011, p. 7).

Os autores também chamam a atenção para o fato de que nos trabalhos que abordam o uso de animação, modelagem e simulação, predomina o estudo de aplicações no Ensino Superior:

Trata-se de uma questão interessante pelo fato de que, conforme observado na maioria dos trabalhos, a ideia de se utilizar as NTIC [Novas Tecnologias da Informação e Comunicação] no ensino de Física se vincula às necessidades de motivar e estimular os alunos do Ensino Médio, uma vez que estes se encontram “mais carentes” de recursos didáticos diversificados que os alunos do Ensino Superior (MARTINS; GARCIA; BRITO, 2011, p. 6).

Voltando o olhar apenas para as experiências de situações em que se fez uso de TIC no ensino de Física em nível Médio, podemos verificar alguns trabalhos com maior destaque em determinadas categorias, conforme a classificação feita pelos autores anteriormente citados. Tais trabalhos são apresentados a seguir.

2.1.1. Coleta e Análise de Dados

Considerando os trabalhos que destacam a utilização do computador na coleta e análise de dados em tempo real, Rosa (1995) e Araújo e Veit (2004) apontam como principal vantagem do uso do computador para esse fim o fato do aluno se ver livre da tarefa de anotar dados, podendo dedicar-se mais à compreensão dos conceitos físicos envolvidos no experimento.

Nesta perspectiva, Mossmann et al. (2002) apresentam uma montagem experimental para a determinação dos coeficientes de atrito estático e cinético na qual se faz uso da aquisição automática de dados. A proposta é destinada ao ensino de Física para alunos do Ensino Médio e permite que forças de atrito cinético e estático, para um par de superfícies, sejam obtidas em tempo real quando um corpo é levado do repouso ao movimento. Colocando-se em movimento relativo um bloco e uma lâmina, a força de atrito entre as superfícies de contato é medida por meio de um sensor ligado ao sistema de aquisição de dados.

De acordo com os autores, a obtenção dos dados para a construção gráfica no experimento realizado constitui um processo longo e trabalhoso se realizado

manualmente, de modo que seria impossível tal realização em tempo razoavelmente curto, como acontece na aquisição automática dos dados. Considerando a carga horária de Física nas escolas de Ensino Médio, a vantagem neste caso torna-se evidente. Além disso, os autores consideram o desenvolvimento da proposta como uma importante contribuição para o ensino do tema abordado, uma vez que os livros de Física apresentam gráficos para ilustrar o conceito de força de atrito. Assim, com o desenvolvimento da proposta, os estudantes terão a oportunidade de entender como tais gráficos são gerados bem como o seu significado.

Silva (2005), ao apresentar atividades experimentais de aquisição automática de dados usando a placa de som do microcomputador como interface analógica/digital e digital/analógica, procura desenvolver atividades com características diferentes dos tradicionais experimentos de laboratório didático caracterizados por roteiros cujo objetivo maior é conduzir os alunos a obter resultados para comprovar leis conhecidas ou reproduzir valores tabelados de grandezas físicas. Nesse sentido, propõe atividades que apresentam a montagem experimental a ser explorada e uma sugestão de como isso pode ser feito, de maneira que o aluno compreenda o que está sendo medido, como pode ser analisado e qual a sua utilidade, sem, contudo, apresentar tarefas para serem rigidamente cumpridas. Segundo a autora, tais atividades têm por finalidade envolver o estudante em todo o processo de medida, dos sistemas de detecção aos resultados finais, com ênfase nos aspectos conceituais do conteúdo.

Ao aplicar sua proposta em turmas do Ensino Médio, a autora pôde constatar que a manipulação dos sensores usados e a interação entre os alunos que realizaram a atividade em grupo fez emergir nas discussões tópicos de Física Moderna e Contemporânea, como efeito fotoelétrico e supercondutividade. Tal fato é considerado extremamente positivo, uma vez que a montagem experimental se destina, em princípio, à investigação de grandezas de cinemática, tais como posição, velocidade e aceleração. Considerando a dinâmica de um laboratório didático tradicional, conforme aponta ainda a autora, provavelmente as discussões realizadas teriam somente tal finalidade.

Ainda na perspectiva do uso do computador para coleta e análise de dados, Pereira e Aguiar (2010) apresentam o potencial de um computador equipado com placa de som e microfone para realizar experimentos didáticos de mecânica. A partir de uma

gravação digital, mostram como é possível medir intervalos de tempo da ordem de centésimo de segundo, permitindo a realização de experimentos que estão fora do alcance dos cronômetros manuais. Os autores descrevem a realização de dois experimentos em algumas escolas de Ensino Médio do Rio de Janeiro. Em um deles, obtêm a velocidade da bola após o chute dos alunos e em outro determinam o tempo de queda de um objeto, como uma moeda, por exemplo. Em ambos os casos, o computador registra os sons produzidos durante as situações realizadas e, com o uso do programa Audacity³, exibe graficamente a forma da onda sonora obtida.

2.1.2. Modelagem, Animações e Simulações

No que diz respeito à modelagem e às animações e simulações computacionais, Rosa (1995), Araújo, Veit e Moreira (2004) e Martins, Garcia e Brito (2011) constataram que tal categoria é a que mais aparece na literatura. Conforme será verificado posteriormente, a maioria dos trabalhos apresenta sua utilização associada a outros recursos computacionais, como no caso dos recursos multimídias e dos ambientes virtuais.

Considerando os trabalhos que tratam do uso da modelagem em situações de ensino e aprendizagem no Ensino Médio, Sales et al. (2008) desenvolvem atividades aplicadas ao ensino de Física Moderna, as quais fazem uso do OA Pato Quântico⁴. Tal OA constitui uma metáfora do efeito fotoelétrico e permite o cálculo da constante de Planck. De acordo com os autores, o OA revelou-se como um prazeroso caminho de descobertas e uma via de facilitação do desenvolvimento cognitivo para mudanças conceituais nos alunos, a partir das situações de conflito entre as ideias prévias da física clássica, trazidas por eles, e os novos modelos quânticos a serem construídos. Durante o cálculo da constante de Planck a partir das situações desenvolvidas com o uso do Pato Quântico, os alunos demonstraram satisfação, curiosidade e espírito investigativo, evidenciando “que o OA pode colaborar com a formação de conceitos relacionados a modelos e/ou objetos quântico” (SALES et al., 2008, p. 11).

³ Editor de áudio de alta qualidade, disponível em: <<http://audacity.sourceforge.net>>. Acesso em: 04 abr. 2012.

⁴ Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=riv&cod=_patoquantico>. Acesso em: 06 mar. 2012.

Silva (2009) discute as possibilidades da simulação virtual como estratégia facilitadora da aprendizagem de fenômenos científicos, a partir do uso de *applets*⁵ para o ensino do fenômeno de refração em turmas do segundo ano do Ensino Médio. Para o autor, o recurso utilizado proporcionou maior interação do estudante com o objeto do conhecimento, tornando-o parte integrante do processo de aquisição do mesmo. A partir da comparação entre a turma experimental que fez uso das simulações e a turma de controle, em que o tema foi desenvolvido de modo tradicional, foi possível verificar as contribuições da referida tecnologia para a aprendizagem significativa dos conceitos abordados, não apenas pelo desempenho dos alunos nos testes realizados, mas pela própria postura dos mesmos durante as aulas. Ainda segundo o autor, as diferentes possibilidades para o fenômeno da Refração, que costuma estar limitada na abordagem em sala de aula pela estática das representações no quadro negro puderam ser testadas e exploradas pelos estudantes ao manipularem os aplicativos, evidenciando, assim, as contribuições das simulações para a aprendizagem observada.

Lunelli (2010) descreve a utilização de experimentos computacionais baseados em simulações e animações para desenvolver atividades didáticas no ensino dos conceitos de posição, deslocamento, velocidade e aceleração relacionados à cinemática da partícula. A respeito do papel que os experimentos computacionais desempenharam na aprendizagem, a autora concluiu que: as simulações e animações usadas favoreceram a aprendizagem, na medida em que aproximaram conhecimentos teóricos da Física com o cotidiano dos alunos; por meio da interatividade, propiciaram conexões entre situações-problemas apresentadas nos experimentos e os conteúdos físicos estudados; despertaram o prazer pela aprendizagem, tiveram caráter inovador e tornaram as aulas de Física diferentes das aulas tradicionais.

2.1.3. Multimídias

Conforme dito na seção anterior, muitos dos trabalhos sobre modelagem e simulação apresentam discussões a respeito de seu uso como parte integrante de outros recursos computacionais. No caso dos recursos multimídias, Araújo e Veit (2004)

⁵ Pequeno programa de computador, desenvolvido linguagem Java, e que pode ser conectado pela Web (DEITEL; DEITEL, 2010).

utilizam esta categoria ao se referir a uma variedade de elementos, tais como textos, imagens, sons, vídeos, animações e simulações, organizados em módulos e inter-relacionados por *links*, permitindo ao aluno um caminho a ser seguido conforme o seu interesse.

Heckler (2007) apresenta os resultados de um trabalho desenvolvido nas aulas de Física para alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio, ao abordar conteúdos de Óptica, no qual faz uso de um hipertexto associado à exploração de *applets*, imagens e animações, constituindo um material denominado pelo autor de hipermídia. Tal material possibilitou o desenvolvimento dos conceitos relacionados à Óptica Geométrica e à Óptica Física, além da introdução de conceitos da Física Moderna, como a quantização da luz e a dualidade onda-partícula.

O autor destaca as vantagens do material hipermídico no ensino e aprendizagem do tema proposto: possibilitou o estudo de uma grande quantidade de fenômenos num intervalo de tempo menor e proporcionou um feedback imediato aos alunos; apresentou fenômenos que se processam de forma muito rápida, de um modo mais lento, por meio da simulação, ajudando na sua compreensão por parte dos alunos; também por meio das simulações, ilustrou de forma mais rápida os fenômenos que se processam de maneira muito devagar, como no caso das fases da Lua e os eclipses; permitiu que o aluno repetisse a simulação de determinado fenômeno quantas vezes fossem necessárias para a sua compreensão; possibilitou ainda a apresentação dos assuntos a serem estudados de forma mais atrativa e ilustrativa do que na maioria das aulas tradicionais, constituindo assim fator de motivação aos estudantes.

Gonçalves (2005) descreve a utilização de tecnologias educacionais, tais como vídeos, animações e simulações interativas de eventos físicos, como recursos complementares às aulas de Física Térmica no Ensino Médio. De acordo com a autora, foi possível constatar melhorias estatisticamente significativas no desempenho dos estudantes que participaram das atividades complementares com uso de tecnologias quando comparado ao desempenho dos estudantes que tiveram aulas somente pelo método tradicional. Na opinião da autora, a motivação para o aprendizado pode ter sido o fator fundamental para o resultado observado. Tal motivação foi proporcionada,

segundo ela, pelo material multimídia utilizado, o qual permite o desenvolvimento dos conteúdos de forma mais dinâmica e atual.

Werlang (2007) relata uma experiência de ensino com exploração de um hipertexto para tratar de fenômenos físicos ligados à Dinâmica dos Fluidos. O material desenvolvido foi utilizado junto a uma turma da segunda série do Ensino Médio. De acordo com o autor, na sua elaboração, houve a preocupação em se fazer uma contextualização com o cotidiano dos alunos no âmbito dos cursos técnicos de agricultura e zootecnia, para os quais a temática física a ser tratada constitui algo de grande importância. As situações de ensino baseadas no uso do hipertexto procuraram explorar desde a análise de textos, de vídeos e de animações sobre os conceitos relacionados ao tema estudado até atividades de modelagem, de modo que se favorecesse a interação entre os alunos e entre alunos e professores. Segundo o autor, as aulas com a utilização do hipertexto mostraram-se mais eficientes do que as aulas tradicionais no que diz respeito à aprendizagem dos alunos em relação aos conceitos estudados, além de se constatar maior satisfação e motivação por parte dos mesmos para o aprendizado do tema desenvolvido.

Já Cenne (2007) desenvolve atividades de Física Térmica por meio de modelagens computacionais, como recurso complementar às aulas de Física para turmas da segunda série do Ensino Médio. Além dos programas de modelagem, também produziu *gifs*⁶ animados para a exploração de determinadas situações, além de um hipertexto, o qual incluiu textos de apoio aos estudos realizados, principalmente como recurso de pesquisa extraclasse. A aplicação das atividades a partir dos recursos multimídias possibilitou o confronto dos alunos com diferentes situações, permitindo momentos de questionamento entre os grupos que realizaram as atividades, à medida que relacionavam novas informações do fenômeno observado com as suas concepções prévias, de modo a se observar uma evolução conceitual a partir das avaliações do pré e pós-testes aplicados. O autor considera que a incorporação de tais recursos à metodologia no ensino de Física constitui uma possibilidade eficaz para a diversificação

⁶ Gif (*Graphic Interchange Format*) são formatos de arquivo de imagem bastante comuns na *web*. No caso de gif animado, trata-se do “resultado do armazenamento da sequência de animação em um só arquivo”. (Fonte: <<http://www.icmc.usp.br/ensino/material/html/gifanim.html>>. Acesso: 10 set. 2012).

do ensino, além de despertar maior curiosidade, raciocínio lógico e investigativo dos alunos.

Rodrigues (2008), por sua vez, apresenta o estudo da Lei da Gravitação Universal em turmas da primeira série do Ensino Médio, a partir da utilização de uma ferramenta de hipermídia de abordagem histórico-temática. Tal ferramenta proporcionou aos alunos uma maior dedicação às aulas, de forma que os mesmos se sentiram motivados, inclusive, para estudar em casa, algo não usual, segundo o autor. O maior interesse observado refletiu também na redução da indisciplina verificada em sala.

A análise das contribuições de uma sequência de atividades baseada em simulações computacionais para o ensino de Eletricidade é apresentada por Martins (2008). Nas atividades desenvolvidas, um conjunto de diferentes simuladores disponíveis na Web, com ordem crescente de dificuldade, foi utilizado para a abordagem de um mesmo conceito e cada simulador utilizado para uma investigação específica também envolvia outros conceitos de Eletricidade. A sequência de atividades foi aplicada para alguns alunos do Ensino Médio, no período de contraturno, alguns meses após estes terem estudado o conteúdo abordado de forma tradicional em sala, com aulas expositivas auxiliadas pelo livro texto. As atividades com os simuladores eram acompanhadas de fichas a serem preenchidas pelos alunos para avaliar a sua compreensão a respeito do que acontecia na simulação e sobre os conceitos de Física envolvidos nos fenômenos explorados. Segundo o autor, a sequência de atividades mostrou-se eficiente no que diz respeito à motivação dos alunos para a aprendizagem de Física, além de constituir um importante auxílio na compreensão dos conceitos abstratos no campo conceitual da Eletricidade.

Gastaldo (2009) descreve o desenvolvimento e a aplicação de uma hipermídia que explora o conceito de Resistência Elétrica no Ensino Médio. A abordagem do tema foi realizada de forma contextualizada, partindo-se de aparelhos elétricos utilizados diariamente pelos alunos, tais como lâmpadas e o chuveiro elétrico, para iniciar as discussões a respeito dos conceitos físicos envolvidos. De acordo com o autor, nas atividades iniciais do aplicativo, buscou-se identificar as concepções trazidas pelos estudantes sobre os conceitos que seriam tratados e, nas atividades seguintes, tais

concepções foram retomadas para que os devidos esclarecimentos a respeito pudessem ser realizados bem como a formação dos conceitos pretendidos. O autor considera positivas as contribuições proporcionadas, principalmente ao instigar os alunos na percepção e compreensão da Física em torno da realidade vivenciada por eles. Entretanto, ressalta também que as análises realizadas não envolveram avaliações pontuais de ganhos de aprendizagem com a utilização da hipermídia, dado que tais avaliações não podem ser medidas, na visão do autor, a curto prazo, uma vez que “os estímulos provocados a partir desta utilização poderão tornar-se evidentes apenas em situações futuras, proporcionando, por exemplo, uma nova visão e sentimento do aluno em relação ao aprendizado de Física” (GASTALDO, 2009, p. 85).

Andrade (2010) apresenta uma estratégia utilizada em aulas de Física para turmas da primeira série do Ensino Médio, na qual faz uso de aulas e testes virtuais e de atividades de modelagem computacional para tratar do tema Cinemática Escalar. As aulas e atividades foram planejadas de modo que o aluno seguisse uma sequência pré-estabelecida, acessando cada uma das aulas virtuais e seus respectivos testes associados para depois realizar as atividades de modelagem. De acordo com o autor, as atividades foram divididas em duas categorias: exploratórias, as quais apresentavam um modelo de fenômeno já pronto, possibilitando uma exploração a partir das variáveis e parâmetros já estabelecidos; e expressivas ou de criação, em que o modelo para um dado fenômeno foi criado pelo próprio aluno a partir de equações matemáticas, sendo em seguida testado e explorado por ele. Segundo o autor, a estratégia de ensino utilizada permite maior aprendizagem, se comparado com metodologias tradicionais, uma vez que possibilita o contato e a interação dos alunos com o objeto de estudo e com as ferramentas educacionais.

Calegari (2010) descreve a construção de um aplicativo hipermídia para ser utilizado na aprendizagem do conteúdo de Dilatação Térmica Linear no Ensino Médio. O autor apresenta uma sequência de atividades na qual faz uso do aplicativo para tratar dos conceitos físicos sobre Dilatação Térmica. Embora em seu trabalho seja abordada apenas a construção e não a sua aplicação, o autor acredita que o uso da hipermídia trará grandes contribuições para a aprendizagem do aluno, pois permitirá ao professor um acompanhamento individual das atividades que o aluno está desenvolvendo.

Hammel (2010) discute uma proposta de ensino de conceitos de calor e temperatura por meio de atividades nas quais faz uso de um hipertexto baseado em vídeos e simulações. A autora procurou analisar a partir das respostas dadas pelos alunos em questionário aberto aplicado no decorrer das atividades, das fichas de acompanhamentos utilizadas e das observações registradas em seu caderno de campo, como a utilização do hipertexto apoiado na web pode auxiliar na aprendizagem do conteúdo em questão. Para Hammel (2010), a utilização do hipertexto durante as aulas foi bastante relevante, principalmente como agente motivador capaz de provocar mudanças quanto à participação dos alunos nas atividades desenvolvidas:

Alguns alunos que praticamente não participavam das aulas passaram a expor suas opiniões e participar dos debates. O comportamento apresentado pelos alunos parece estar diretamente relacionado à forma de trabalho e os instrumentos utilizados, pois os estudantes demonstraram um grande interesse pelo uso do hipertexto para desenvolver os conteúdos, sendo o uso deste recurso favorecido pelo uso do computador, o que mostrou efetivamente forte motivação aos estudos. (HAMMEL, 2010, p. 107)

A autora afirma também que no decorrer das atividades foi possível identificar algumas dificuldades por parte dos alunos quanto à utilização das simulações e do hipertexto, mas destaca que elas não constituem uma limitação para a implementação da proposta, uma vez que no decorrer das aulas puderam ser superadas. Além disso, acredita em uma mudança de concepção dos alunos, visto que “começaram a conceber o computador não apenas como um instrumento de diversão e comunicação, mas como um recurso capaz de tornar a aprendizagem mais fácil, interessante e significativa” (HAMMEL, 2010, p. 109).

Pinto (2010) reflete sobre as vantagens do uso de recursos multimídias juntamente com instrumentos musicais para promover a aprendizagem significativa no campo conceitual da Física Ondulatória, ao relatar uma experiência com turmas de EJA. Durante as aulas de Ondulatória, os alunos eram colocados a questionar, observar e verificar fenômenos produzidos especialmente por instrumentos musicais. Para tanto, foram utilizados recursos audiovisuais, como vídeos a respeito de outros instrumentos musicais e aparatos tecnológicos relacionados a sons e ondas, e também recursos computacionais, como a utilização de software de gravação que possibilita a gravação de ondas em tempo real. O trabalho realizado revelou que a utilização de instrumentos

musicais, aliados aos recursos multimídias, constitui uma estratégia de ensino eficaz, uma vez que auxilia na solução de problemas sobre diversos temas e possibilita formas diferenciadas de trabalho.

2.1.4. Ambientes Virtuais

A respeito dos ambientes virtuais de aprendizagem, Martins, Garcia e Brito (2011) afirmam haver entre os trabalhos que fazem parte dessa categoria uma preocupação em fundamentar a sua utilização como um modo de motivar e de proporcionar maior interação durante as situações de ensino e aprendizagem em Física. De acordo com Almeida et al. (2001), o ambiente virtual de aprendizagem (AVA) é um ambiente hipermídia na Web composto por simulações, modelagens e visualizações, sendo desenvolvido com o objetivo de proporcionar recursos que contemplem a aprendizagem coletiva e individual.

Miranda Júnior (2005) descreve um trabalho no qual alguns recursos da informática, tais como animações, simulações *applets*, hipertextos, páginas e softwares educacionais, foram incorporados às aulas teóricas e de laboratório, ao desenvolver o estudo de Cinemática, Dinâmica e Energia em turmas do primeiro ano do Ensino Médio. O material produzido e aplicado foi disponibilizado aos alunos em um ambiente virtual, o TelEduc⁷. De acordo com o autor, a interação do aluno com o ambiente virtual foi fundamental para a aprendizagem significativa dos conceitos relacionados aos temas desenvolvidos. A partir da aplicação do pré e pós-testes, foi verificado que o índice de acertos nas turmas em que tal abordagem foi aplicada aumentou consideravelmente, enquanto que nas turmas em que a abordagem ocorreu de forma tradicional tal índice se manteve constante.

Stensmann (2005) apresenta uma proposta de aprendizagem utilizando um espaço virtual para o ensino de Mecânica dos Fluidos para alunos da segunda série do Ensino Médio. A autora analisa as potencialidades de um ambiente de ensino a distância em possibilitar uma extensão das discussões em sala de aula, aumentando assim o

⁷ Plataforma de Educação a Distância. Trata-se de um software livre desenvolvido pelo NIED (Núcleo de Informática Aplicada à Educação) da UNICAMP. Disponível em: <http://teleduc.nied.unicamp.br/~teleduc/pagina_inicial/>. Acesso em: 17 fev. 2012.

contato do aluno com a disciplina Física para além da carga horária escolar, e também as potencialidades deste ambiente em aumentar a participação dos alunos nas aulas. Para o desenvolvimento da proposta foi utilizado o TelEduc e uma página da Web contendo módulos a respeito do tema a ser estudado, a qual também trazia orientações para a realização de experiências práticas que poderiam ser feitas com a utilização de materiais alternativos e baratos, segundo a autora. Os resultados da aplicação da proposta mostraram que a prática desenvolvida, a partir dos recursos computacionais usados, proporcionou uma mudança no comportamento e comprometimento dos alunos, os quais assumiram uma postura mais ativa, participando mais durante as aulas, o que foi evidenciado tanto nas falas dos mesmos durante as discussões realizadas como nas postagens feitas no TelEduc.

Trabalho semelhante é encontrado em Pires (2005), o qual relata uma experiência de ensino com turmas da primeira série do Ensino Médio, na qual faz uso do TelEduc associado a uma página em HTML ao trabalhar o tema Gravitação junto a seus alunos. O ambiente virtual desenvolvido buscou explorar diversas simulações e animações nas atividades propostas. De acordo com o autor, a utilização de tais simulações foi fundamental para a compreensão dos fenômenos estudados e sua importância adquire dimensão ainda maior ao se considerar que seria impossível sua substituição por atividades experimentais, diante do tema estudado. Também considera que a estratégia de ensino baseada no uso do ambiente virtual se mostrou eficiente ao motivar significativamente os alunos quanto à aprendizagem dos conceitos estudados. Além disso, afirma ter alcançado sucesso em sua proposta de aumentar virtualmente a carga horária da disciplina, dado o percentual significativo de acesso dos alunos ao ambiente virtual fora do horário das aulas.

Moreira (2009) estuda a utilização de um ambiente virtual de aprendizagem como ferramenta de apoio para alunos do segundo ano do Ensino Médio, durante a compreensão do processo de aquecimento da água, que se encontra inicialmente na forma de gelo até transformar-se totalmente em vapor. O estudo foi realizado a partir da análise dos padrões de interação ocorridos nos diálogos entre aluno-aluno, aluno-professor durante as aulas e ainda na ação mediada ocorrida entre alunos e o computador na resolução de exercícios. Analisando tais diálogos, o autor concluiu que a

estrutura bem organizada e bem definida das atividades, proporcionada pelo ambiente virtual de aprendizagem, facilitou a execução das tarefas propostas e estimulou a participação dos alunos. A estrutura do ambiente que apresentava as atividades e tarefas a serem realizadas por etapas, em uma sequência didática, permitiu que o conhecimento fosse construído conforme o desenvolvimento da sequência.

A utilização de um ambiente virtual para o ensino de Circuitos Elétricos na EJA é descrita por Gonzales (2011). O ambiente virtual desenvolvido era composto por mapas conceituais, simulações e textos a respeito do tema estudado. A partir da análise feita das observações e da aplicação de pré e pós-testes com o grupo experimental, onde o ambiente foi usado, e o grupo de controle, onde os conceitos foram apresentados em aulas tradicionais, foi possível constatar maior indício de aprendizagem significativa no grupo experimental. O autor destaca que a possibilidade de representar o mundo real com objetos virtuais, com o uso dos simuladores, favoreceu o levantamento de hipóteses durante a construção de modelos pelos alunos e acrescenta:

Uma observação pertinente sobre o uso do simulador foi que os alunos aparentaram estar seguros na realização das tarefas, uma vez que mesmo se o circuito elétrico construído entrasse em curto – circuito ou que uma lâmpada queimasse, bastava reiniciar a simulação e elaborar outro modelo (GONZALES, 2011, p. 91).

Já Silva (2011) discute as possibilidades do uso de um ambiente virtual disponibilizado via internet como meio para auxiliar o ensino e a aprendizagem de Física. Para isso, buscou verificar as contribuições do Laboratório Educativo Virtual e Interativo (LEDVI⁸) durante a realização de uma atividade que explorava conceitos de hidrostática em uma turma de Ensino Médio. De acordo com o autor, o LEDVI favorece a aprendizagem do aluno, ao valorizar o trabalho coletivo e colaborativo, permitindo que os estudantes trabalhem em parceria para a solução de um problema que não poderiam solucionar individualmente. Além disso, possibilita também:

[...] a interação por meio de um diálogo escrito entre os alunos, forçando de uma certa maneira o desenvolvimento intelectual e uma mudança de comportamento social, os alunos reconhecem e coordenam os conflitos gerados pelo problema proposto, constroem um novo conhecimento a partir do seu nível de competência, de acordo com a zona de conhecimento potencial ou real em que se encontra (SILVA, 2011, p. 58).

⁸ Disponível em: < <http://www.edy.pro.br/proj-ledvi/>>. Acesso em: 21 jan. 2012.

Finalizando esta revisão a respeito do uso de TIC durante as abordagens dos diversos temas da Física, na seção seguinte é exemplificada outra forma de utilização da internet, além dos ambientes virtuais de aprendizagem.

2.1.5. Internet: outra possibilidade

Apesar de seu uso contemplar principalmente os ambientes virtuais, a internet pode constituir uma importante ferramenta para outras aplicações no Ensino de Física, ainda que poucos trabalhos discutam tais aplicações conforme apontam Martins, Garcia e Brito (2011). Um exemplo de tal aplicação nas aulas de Física do Ensino Médio é apresentado por Souza e Aguiar (2010), ao desenvolverem uma proposta de atividade na qual a física das ondas na água é utilizada para medir a velocidade de barcos que aparecem nas imagens do *Google Earth*⁹. A esteira de ondas na água deixadas após a passagem do barco pode ser observada em detalhes por meio das fotografias obtidas pelo programa.

A proposta foi aplicada para turmas de terceiro ano de uma escola de Ensino Médio da cidade de Niterói, RJ. O fato da cidade se localizar as margens da baía de Guanabara possibilitou que, no caso das velocidades calculadas para os barcos que ali transitavam, os valores pudessem ser comparados com a velocidade informada pelo capitão das embarcações. Segundo os autores, a utilização do *Google Earth* tornou a atividade bastante atraente para os alunos, além de possibilitar a discussão de conceitos relacionados à Física da Ondas de Superfície, inclusive daqueles que raramente são tratados no Ensino Médio, como no caso do fenômeno de dispersão de ondas.

Os trabalhos aqui resgatados descrevem a utilização de diferentes situações em que se fez uso de estratégias baseadas na utilização de TIC para o ensino de conceitos físicos. Nas próximas seções é dada uma atenção especial às formas como o tema Eletromagnetismo tem sido desenvolvido durante as aulas da Ensino Médio, uma vez que a pesquisa realizada no desenvolvimento deste trabalho envolve o ensino de conceitos eletromagnéticos.

⁹ Disponível em: < <http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/index.html>>. Acesso em: 21 jan. 2012

2.2. O Eletromagnetismo nas aulas de Física do Ensino Médio

Considerando o que foi exposto ao fim da seção anterior, esta seção apresenta como os temas relacionados ao Eletromagnetismo têm sido abordados no Ensino Médio, conforme as propostas de trabalho presentes na literatura a respeito.

Com o objetivo de investigar a possível articulação entre os conceitos de Eletromagnetismo, questões sociais e ambientais e a exploração de aparelhos elétricos domiciliares, Santos (2002) adota uma metodologia de ensino na qual procura fazer uso da abordagem CTS¹⁰ durante as aulas de Física no Ensino Médio. O trabalho desenvolvido consistiu num programa de aulas teórico-experimentais nas quais os alunos puderam interagir com diversos aparelhos elétricos, tais como ferro de passar roupas, lâmpadas, chuveiro elétrico, motor de ventilador e transformador. Durante a interação ocorrida, puderam manipular os aparelhos, além de discutir sobre seu funcionamento, fazer comparações com outros aparelhos, expor suas dúvidas e apresentar explicações próprias ou fundamentadas em textos teóricos. Apesar de certa dificuldade apresentada pelos alunos em utilizar os conceitos científico-tecnológicos para tomada de decisões, foi verificado que os mesmos foram capazes de articular alguns conhecimentos para isso diante dos objetos tecnológicos estudados.

Um ensino que contemple mais os aspectos conceituais do Eletromagnetismo é defendido por Braga (2004). De acordo com a autora, os conceitos físicos devem ser priorizados em relação a outros instrumentos, como a Matemática, por exemplo, que devem assumir conotação apenas de ferramentas ou coadjuvantes no contexto de ensino de Física. A partir de aulas expositivas realizadas em uma turma de terceira série do Ensino Médio, procurou explorar os questionamentos, a partir da apresentação de textos curtos com curiosidades e fatos históricos relacionados e conexões com o dia a dia do aluno. Durante o desenvolvimento do trabalho, também foi organizada uma visita a um Museu de Ciências e Tecnologia, onde os estudantes tiveram a oportunidade de

¹⁰ O ensino baseado nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) envolve discussões sobre os avanços da ciência e da tecnologia, buscando contemplar seus impactos sociais, ambientais, políticos, econômicos, etc. (SANTOS, 2002)

observar e realizar experimentos sobre os temas estudados. Após tal visita, os alunos, em grupos, desenvolveram um trabalho no qual foram orientados a descrever um dos experimentos do museu, citando os conceitos de Eletromagnetismo relacionados e aparelhos nos quais os conceitos identificados estivessem presentes. Além disso, também foram solicitados a reproduzir um dos experimentos do museu.

A autora afirma que o enfoque adotado favoreceu uma aprendizagem mais significativa e os alunos mostraram-se mais seguros ao aplicar os conceitos estudados, tanto na confecção dos experimentos como ao realizar uma prova avaliativa. Também considera que a abordagem de forma contextualizada com situações do cotidiano constituiu um fator de motivação durante as aulas.

Guerra, Reis e Braga (2004) implementaram uma proposta curricular para o ensino de Eletromagnetismo em escolas de Ensino Médio, a partir de um enfoque histórico-filosófico, desenvolvendo um estudo aprofundado da primeira fase do magnetismo, período compreendido entre o experimento de Oersted, em 1820, e a publicação do trabalho de Faraday sobre indução eletromagnética, em 1832. Tal metodologia se justifica pelo fato de que “uma abordagem histórico-filosófica consistente faz com que entendam a ciência como um conhecimento objetivo e promissor, que permite ao homem, com limites, conhecer a natureza” (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004, p. 244). Segundo os autores, o estudo realizado possibilitou que os estudantes tomassem conhecimento a respeito de controvérsias referentes ao desenvolvimento do Eletromagnetismo, levantando questões teóricas e experimentais fundamentais à construção dessa ciência. Deste modo, a abordagem utilizada coloca em xeque a ideia de uma ciência linear caracterizada por descobertas e verdades inquestionáveis.

Considerando a importância das práticas experimentais para o ensino e a aprendizagem de Física, Annunziato (2004) descreve uma proposta de atividades experimentais que permitem a discussão de vários fenômenos eletromagnéticos, em especial daqueles relacionados à Lei de Faraday. A proposta é apresentada com o objetivo de que os professores de Ensino Médio possam realizar experimentos de Eletromagnetismo na própria sala de aula, sem a necessidade de materiais sofisticados, e consiste em quatro atividades que contemplam a observação do fenômeno de indução

eletromagnética em situações distintas: ímãs e bobinas, transformadores, motores, geradores e controle remoto.

Albuquerque (2008) também defende o ensino de Eletromagnetismo pautado nos aspectos mais conceituais dos conteúdos desenvolvidos a partir de planos de aulas diferenciados e atividades experimentais que valorizem uma participação mais ativa dos alunos nas situações de ensino e aprendizagem. Neste sentido, realizou um trabalho com turmas de terceiro ano do Ensino Médio, no qual fez uso de planos de aulas que, além de atividades experimentais, também priorizava a leitura e a interpretação de textos como atividades complementares ao estudo realizado e buscava favorecer o diálogo entre as situações vivenciadas pelos alunos e os conceitos físicos apresentados. Para o autor, a metodologia utilizada trouxe contribuições para o desenvolvimento de uma aprendizagem mais significativa, contribuindo para a evolução conceitual dos estudantes em relação aos assuntos estudados.

Após esta identificação inicial a respeito das principais abordagens sobre conceitos relacionados ao Eletromagnetismo, um enfoque maior será dado, na seção seguinte, aos trabalhos que descrevem situações em que este tema foi desenvolvido com a utilização de TIC, como é o caso deste trabalho.

2.3. Tecnologias de Informação e Comunicação e o ensino de Eletromagnetismo

Conforme destacam Araújo e Veit (2004) e Martins, Garcia e Brito (2011), existe uma predominância entre os trabalhos acadêmicos que tratam do uso das TIC no ensino de Física de temas relacionados à Mecânica. Apesar disso, mesmo que em menor quantidade, encontramos importantes discussões e relatos sobre o uso de TIC para o ensino de Eletromagnetismo no Ensino Médio.

Paz (2007) apresenta a elaboração e a aplicação de uma sequência didática de atividades experimentais, complementadas por atividades com uso de simulações virtuais, de modo a contemplar as aplicações tecnológicas e as relações cotidianas vivenciadas pelos alunos de Ensino Médio. De acordo com o autor, a utilização de práticas experimentais associadas às simulações permitiu que os alunos transpusessem os obstáculos de aprendizagem dos conceitos de Eletromagnetismo.

No trabalho desenvolvido, “a simulação apareceu como uma dimensão do real, não voltada simplesmente a substituí-lo, mas aliada ao recurso da atividade experimental” (PAZ, 2007, p. 187). A transição entre os planos tridimensionais nas atividades experimentais e o plano bidimensional nas atividades virtuais permitiu um maior entendimento por parte dos estudantes das interações e comportamento das variáveis eletromagnéticas. Além disso, o autor destaca que:

A realização de tais atividades também permitiu a modelagem matemática após a construção dos conceitos. A superação dos obstáculos da simplificação matemática foi efetivada, segundo a nossa tese, através da análise do comportamento das variáveis no espaço tridimensional das atividades experimentais, juntamente a construção de uma relação qualitativa destas variáveis na atividade virtual simulada. Nestas atividades, os alunos puderam ampliar o tratamento de dados experimentais em tempo real, adequar cada atividade em intervalos de tempo pré-definidos, visualizaram os dados graficamente e realizaram um tratamento matemático automatizado (PAZ, 2007, p. 188).

Também com o objetivo de apoiar o ensino e a aprendizagem de conceitos de eletromagnetismo em escolas de nível médio, Pedroso (2008) desenvolve uma hipermídia que apresenta simulações interativas, considerando a abordagem conceitual focada no cotidiano dos alunos. A aplicação do recurso computacional desenvolvido evidenciou as suas potencialidades para o ensino de conceitos de Eletromagnetismo, dada a motivação verificada entre os alunos durante as aulas e a aprendizagem significativa dos conceitos estudados. Conforme aponta o autor:

Ao manipularem as simulações, os alunos procuravam justificar suas hipóteses, adequando-as ao observado, ou ainda quando manifestavam seus conhecimentos prévios ao tentarem explicar uma determinada situação que ocorria na tela do computador. Neste aspecto faz-se necessário e importante destacar o papel dos recursos gráficos e sonorizados das simulações, que auxiliam na verificação e constatação de resultados, modificação de ambientes e manipulação de variáveis de maneira fácil e rápida (PEDROSO, 2008, p. 92).

Já Macêdo (2009) elabora um Roteiro de Atividades direcionado a professores do Ensino Médio, no qual faz uso de simulações computacionais para o estudo de conceitos relacionados a circuitos simples, ímãs, corrente elétrica e indução eletromagnética. De acordo com o autor, o objetivo principal de seu trabalho foi estimular “a utilização de simulações computacionais como ferramenta motivadora e que consequentemente contribua para a melhoria no ensino de Física” (MACÊDO, 2009, p. 95). Este objetivo poderá ser alcançado, segundo o autor, na medida em que se

faça uso de simulações de boa qualidade e que valorizem a interação dos alunos com a construção e a análise do conhecimento científico, de modo a favorecer a compreensão dos modelos físicos.

Considerando também as questões relacionadas aos aspectos visuais e espaciais envolvidos na distribuição e interação das variáveis no espaço tridimensional de fenômenos eletromagnéticos, Pereira (2011) desenvolve um trabalho semelhante ao de Paz (2007), a partir de uma sequência de atividades baseadas em atividades experimentais complementadas por visualizações geradas por computador, tais como vídeo e, principalmente, simulações.

Esse autor destaca as vantagens das visualizações como recurso didático em relação aos textos e à linguagem oral, considerando o fato de que as mesmas tornam certos aspectos do fenômeno físico mais acessíveis cognitivamente. Destaca ainda que as ferramentas de visualização, sobretudo aquelas que fazem uso de recursos computacionais, podem auxiliar na compreensão das relações espaciais de fenômenos eletromagnéticos, ao permitir que os alunos observem dados, interajam com as experiências e construam modelos de entidades não visíveis em atividades experimentais concretas.

Com esta revisão a respeito da utilização de TIC durante o ensino de conceitos de Eletromagnetismo no Ensino Médio, encerra-se este capítulo. As principais ideias envolvidas em cada abordagem apresentada, a partir da reflexão feita pelos autores em seus respectivos trabalhos, auxiliaram quanto às escolhas feitas para o desenvolvimento deste estudo assim como na adoção do referencial teórico que o sustenta, o qual é apresentado no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 3

OBJETOS DE APRENDIZAGEM E O ENSINO DE FÍSICA: PRINCIPAIS CONCEITOS, POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES

Este capítulo aborda as principais ideias defendidas por alguns autores quanto à utilização de TIC no ensino de Física, em especial os OA. Além dos conceitos relacionados ao tema, importantes considerações a respeito do uso dessas tecnologias para o ensino e a aprendizagem de conceitos físicos e da ciência, de modo geral, também são apresentadas.

3.1. As Tecnologias de Informação e Comunicação e as aulas de Física no Ensino Médio

O desenvolvimento da tecnologia verificado nas últimas décadas bem como o crescente aumento quanto ao uso dos recursos tecnológicos, principalmente no que diz respeito aos computadores e à internet, têm constituído importante fator de mudanças para diversos setores da nossa sociedade. Dentre essas mudanças, tem se destacado a utilização das TIC na área educacional, sobretudo no ensino de Ciências e, no ensino de Física, de modo particular.

Kenski (2007) refere-se às TIC¹¹ como sendo aquelas baseadas no uso da linguagem oral, da escrita e da síntese entre som, imagem e movimento. Conforme apresentado no capítulo anterior, os trabalhos que abordam o uso de TIC no ensino de Física tratam principalmente das tecnologias computacionais, sendo constatadas as seguintes potencialidades do uso do computador para as situações de ensino e aprendizagem no Ensino Médio: coleta e análise de dados em tempo real, simulações de fenômenos físicos, recursos multimídias, ambientes virtuais e uso da internet.

¹¹ Utiliza também o termo Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC) para as tecnologias que permitem a interação e a comunicação em tempo real, como no caso da televisão e da internet. Conforme mencionado anteriormente, neste trabalho não há a preocupação em manter tal distinção e, dessa forma, é utilizado o termo TIC de forma mais geral, mesmo quando se tratar das novas tecnologias.

Ao se fazer referência a alguns desses recursos computacionais para a Educação, outro termo que tem sido bastante utilizado nos trabalhos desenvolvidos nos últimos anos, principalmente na área de Ensino de Ciências, são os objetos de aprendizagem.

3.1.1. Objetos de Aprendizagem e o Ensino de Física

Segundo Macêdo et al. (2007), ainda não existe um consenso a respeito da definição de OA, uma vez que os estudos sobre o tema são recentes. Observa-se, entretanto, que grande parte dos autores como Wiley (2000), Macedo et al. (2007) e Silva (2011) apresentam suas ideias a respeito do tema, considerando a definição apresentada pelo *Learning Technology Standards Committee* (LTSC), órgão ligado ao *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE). De acordo com o LTSC, um objeto de aprendizagem pode ser definido como “qualquer entidade, digital ou não digital, que pode ser usada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado apoiado por tecnologia” (LTSC, 2002).

Silva (2006), ao discutir a definição dada pelo LTSC sobre OA, discorda da utilização do termo não digital para OA e afirma que:

Uma vez que esse Comitê considera que a aprendizagem com OA deve se apoiar na tecnologia, poderia soar como um contra-senso afirmar que um OA venha a ser também uma entidade não digital. Embora a palavra tecnologia não signifique necessariamente digital, o Comitê não diz em qual outro tipo de tecnologia o OA poderia se apoiar. Destaque-se, ainda, que o LTSC não explicita ou não exemplifica o que pode ser considerado OA não digital para a aprendizagem com suporte tecnológico. (SILVA, 2006, p. 50)

Para o autor, os vários conceitos existentes convergem na maioria dos pontos e, apesar da falta de uma definição mais universal, existe uma forte tendência de se considerar que o OA constitui um recurso digital utilizado para a aprendizagem. É o que faz Wiley (2000), ao considerar como objeto de aprendizagem "qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para apoiar a aprendizagem" (WILEY, 2000, p. 4). Na concepção desse autor, o OA inclui desde recursos menores como imagens digitais ou fotos até páginas inteiras da web que apresentam textos, imagens e outras mídias.

No que diz respeito à caracterização do OA, Silva (2006) afirma que, embora existam variações na quantidade de elementos apresentados na literatura, três características podem ser destacadas: a reutilização, a granularidade e os metadados.

A reutilização constitui uma característica adotada pelos autores na própria definição de OA, conforme foi descrito nos parágrafos anteriores, e refere-se à possibilidade da utilização do OA em diversos contextos e para diferentes propósitos. Segundo Silva (2006), considerando o processo educativo, a reutilização de um OA pode ser analisada tanto do ponto de vista do professor como do ponto de vista do aluno. Um OA desenvolvido para determinado contexto educacional poderá, a critério do professor, ser aplicado em outros contextos nos quais também se torna útil. Por exemplo, uma simulação construída para mostrar o que é um quadrado, utilizada por um professor de Matemática durante a sua aula, também poderá ser usada, combinada com outros OA, por um professor de desenho industrial (SILVA, 2006).

Considerando a possibilidade de reutilização em função do aluno, Silva (2006) afirma que um mesmo OA poderá ser usado de outras formas, mesmo sem haver mudanças no contexto de aprendizagem. Deste modo, “depois que esse objeto volta ao seu estado original, o aluno poderia reutilizá-lo de outra forma, obtendo resultados diferentes, que vão muito além de mudanças numéricas de variáveis” (SILVA, 2006, p. 59).

Já a granularidade é uma característica que também possui relação com a reutilização do OA e, de acordo com Wiley (2000), trata-se de um conceito que diz respeito ao seu tamanho. Embora não exista um limite para o tamanho do OA, conforme aponta o autor, objetos maiores implicam em uma menor possibilidade de reutilização. Deste modo, quanto maior a granularidade de um OA, maior será a sua aplicação e uso em outros contextos e situações. Para Tavares (2010), a granularidade do OA está associada a sua capacidade de apresentar as principais informações sobre determinado conteúdo. Ao tratar dessa característica, o autor faz uso da seguinte metáfora: “Em um grão (semente) temos todas as informações relacionadas a árvore que ela irá se transformar. Nesse sentido, granular significa a menor porção com todas as informações relevantes de um todo” (TAVARES, 2010, p. 13).

Os metadados, por sua vez, constituem, segundo Silva (2006), um item fundamental para a visualização ou pesquisa de um OA. Trata-se de descrições sobre o objeto, informações a respeito de dados, de acordo com a definição de Wiley (2000). As informações contidas no catálogo de cartões de uma biblioteca, conforme exemplifica o autor, contendo o título de um livro, o seu autor e a data de publicação são metadados. Além dos metadados, a acessibilidade aos OA será garantida por meio de seus repositórios, ou seja, as bibliotecas digitais especializadas em OA, como destaca Silva (2011). São exemplos de repositórios a Rede Virtual de Educação (Rived¹²), o Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem¹³, do Ministério da Educação (MEC), o Laboratório Didático Virtual da USP (LabVirt¹⁴), a Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia da UFRGS (Projeto CESTA¹⁵), o repositório Tecnologia Educacional em Física da Universidade do Colorado (PhET¹⁶), etc.

Considerando as diferentes qualidades apresentadas pelos OA, Wiley (2000) propõe uma taxonomia a respeito dos objetos, na qual os classifica em cinco tipos: fundamental, combinado fechado, combinado aberto, gerador de apresentação e gerador de instrução.

Na classificação realizada pelo autor, o objeto considerado fundamental é todo recurso digital mais simples, como uma imagem, um texto ou um som. Este tipo de OA é projetado considerando um maior número de contextos para sua utilização, conforme acrescentam Flôres e Tarapouco (2008).

O combinado fechado constitui um pequeno número de recursos digitais utilizados em conjunto, como é o caso de um vídeo acompanhado de áudio. De acordo com Flôres e Tarapouco (2008), combinação para este tipo de OA costuma ficar restrita de dois a quatro elementos para possibilitar a sua reutilização, uma vez que o combinado fechado não poderá ser usado em tantos contextos conforme acontece com o fundamental. Além disso, esse objeto só pode ter uma finalidade, ou fornecer instrução ou fornecer a prática durante sua utilização nas situações de aprendizagem.

¹² Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2012

¹³ Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>> Acesso em: 10 mar. 2012

¹⁴ Disponível em: <<http://www.labvirt.futuro.usp.br/>> Acesso em: 10 mar. 2012

¹⁵ Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA/>> Acesso em: 10 mar. 2012

¹⁶ Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/> Acesso em: 10 mar. 2012

O combinado aberto, por sua vez, envolve um maior número de recursos digitais utilizados simultaneamente, podendo fornecer instrução e prática, conforme apontam Flôres e Tarapouco (2008). Uma página da web, combinando de forma dinâmica imagem, vídeo e texto, constitui exemplo para este caso.

Já o gerador de apresentação fará uso de objetos desenvolvidos a partir da integração entre OA fundamentais e OA combinados fechados para geração de apresentações a serem usadas em orientações, práticas e ensaios, segundo Flôres e Tarapouco (2008), que afirmam também que o mesmo pode ser usado várias vezes em contextos semelhantes, embora o uso de seu conteúdo esteja restrito ao contexto em que foi projetado.

De maneira semelhante, ainda que mais complexa, o gerador de instrução também irá utilizar em conjunto de OA fundamentais e OA combinados fechados e “avaliar as interações do estudante com essas combinações, criadas para suportar as estratégias do sumário instrutivo (como exemplo, lembrar e executar uma série das etapas)” (FLÔRES; TARAPOUCO, 2008, p. 8).

No que diz respeito ao ensino de Ciências, Santos Neto, Sasseron e Pietrocola (2009) afirmam que apesar de críticas quanto a sua utilização, os OA apresentam-se como ferramentas dinâmicas com capacidade de proporcionar influências positivas para a aprendizagem e para as aulas em diversas situações:

Um OA é capaz de fazer com que os alunos trabalhem em diversos contextos de aprendizagem. Permite também tratar tanto um único conceito de uma teoria quanto englobar todo um corpo mais extenso de conceitos presentes nesta mesma teoria; além disso, pode exigir dos estudantes a transferência de seus conhecimentos para outras situações. Sendo assim pensados, os OA mudam o foco da aprendizagem tradicional, com o professor detentor do conhecimento, para enfatizar e privilegiar o papel da análise, da síntese e de outras habilidades de caráter cognitivo na aprendizagem, ou seja, uma aprendizagem direcionada ao aluno como construtor do seu próprio conhecimento (SANTOS NETO; SASSERON; PIETROCOLA, 2009, p. 84).

Os autores afirmam também que o OA virtual é mais que uma simulação sobre um fenômeno, sendo também uma situação, uma história que pode levar o aluno a percorrer um caminho partindo de um contexto, refletindo sobre possibilidades e investigando problemas para compreender certos conceitos. Além disso:

[...] oferecem também uma boa flexibilidade quanto ao contexto de sua utilização, pois os OAs trazem propostas capazes de viabilizar o tratamento

de certos fenômenos que, devido ao instrumental envolvido em sua investigação, se tornam inviáveis de serem abordados em sala de aula ou mesmo no laboratório didático; os OAs podem ajudar a tornar mais acessíveis temas difíceis de serem compreendidos ou relacionados com a realidade; vemos também a possibilidade do trabalho com os OAs para auxiliar os alunos a reorganizar seu conhecimento, perceber os caminhos para o aprofundamento do conhecimento de certas áreas, como estes saberes são construídos e desenvolvidos, como problemas são solucionados, entre outras questões (SANTOS NETO, SASSERON; PIETROCOLA, 2009, p. 85).

Apesar de reconhecer as vantagens do uso de OA para o ensino de Ciências, Martins (2010) chama a atenção para o fato de que o professor precisa ser criterioso e fazer a análise do OA que pretende utilizar durante sua prática, pois há também exemplos de recursos que dificultam a aprendizagem do aluno, ou ainda, existe a possibilidade de não atender aos objetivos das atividades elaboradas pelo professor.

Miranda, Arantes e Studart (2011) afirmam que as simulações computacionais de experimentos de Física constituem um dos OA mais disseminados na área, estando disponíveis para a utilização nos mais diferentes contextos. Apesar disso, seu uso em sala de aula está longe de ser uma realidade, principalmente no que diz respeito à Educação Básica. A seguir, são feitas algumas considerações a respeito das possíveis contribuições do uso das simulações para o ensino de conceitos físicos.

3.1.2. As simulações e as aulas de Física no Ensino Médio: potencialidades e limites para a utilização desses OA

A utilização das simulações no ensino e aprendizagem de Física está associada à ideia da importância das práticas experimentais para o desenvolvimento e a compreensão dos conceitos, modelos e teorias físicas estudados em sala de aula.

De acordo com Araújo e Abib (2003), as diversas possibilidades para o uso das atividades experimentais no Ensino Médio incluem desde as atividades de verificação de modelos teóricos e de demonstração até atividades de observação e experimentação de natureza investigativa. Embora no caso das simulações no Ensino de Física, a primeira possibilidade não seja válida, pois, como será discutido adiante, uma simulação não tem por objetivo comprovar teorias e nem poderia fazê-lo, elas se apresentam como um interessante recurso para o desenvolvimento de atividades investigativas.

Ainda segundo Araújo e Abib (2003), dois aspectos fundamentais se destacam quanto à eficiência dessa estratégia. O primeiro está relacionado à sua capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, de modo a despertar sua curiosidade e interesse e favorecer o efetivo envolvimento com sua aprendizagem. Já o outro aspecto diz respeito ao fato de proporcionar um ambiente motivador e agradável, capaz de estimular os estudantes com situações novas e desafiadoras que, se bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência.

Entretanto, se por um lado as atividades experimentais apresentam-se como uma prática capaz de contribuir para a aprendizagem dos conceitos e temas estudados durante as aulas de Física do Ensino Médio e, ainda, de notável importância para a Educação em Ciência durante a formação do estudante, por outro, a sua utilização nas escolas costuma ser pouco frequente (SOUSA, 2005). De acordo com o autor, as dificuldades relacionadas a determinados fatores, como carga horária da disciplina, tempo para preparo das atividades, falta de equipamentos e materiais e, na maioria dos casos, falta de um espaço adequado na escola para que tais práticas se desenvolvam, podem constituir os motivos pelos quais, muitas vezes, o professor deixa de utilizar as atividades experimentais como recurso didático durante as suas aulas.

Todavia, com o desenvolvimento das TIC no contexto educacional, a preocupação com novas possibilidades para o ensino também atingiu a questão da importância das práticas experimentais nas aulas de Ciências. Neste sentido, as simulações virtuais desenvolvidas sobre situações ou fenômenos que se desejam estudar constituem um recurso para auxiliar professores e alunos durante a abordagem de determinados conceitos científicos.

Entretanto, a utilização das simulações como estratégia para o ensino de Física não deve ser entendida como uma substituição aos experimentos reais, mas uma alternativa que visa enriquecer as situações desenvolvidas em sala de aula e contribuir para a aprendizagem dos temas abordados, de modo que o professor tem a possibilidade, inclusive, de combinar práticas experimentais reais com práticas baseadas nas simulações virtuais, conforme apontam Paz (2007) e Dorneles, Araújo e Veit (2012).

Uma das contribuições associadas às simulações apontadas por Medeiros e Medeiros (2002) refere-se à visualização do fenômeno físico e os elementos que ele envolve. A atenção dada a tal aspecto, considerado importante complemento à linguagem verbal e escrita durante o tratamento de um fenômeno e os conceitos a ele relacionados é evidenciada, inclusive, nos livros didáticos de Física, os quais têm recorrido cada vez mais ao uso de um grande número de ilustrações ao longo dos textos que apresentam. Da mesma forma, durante as aulas, os professores também costumam construir desenhos no quadro-negro na tentativa de facilitar o entendimento por parte dos alunos sobre o que está sendo explicado e discutido. Porém, considerando que as representações realizadas constituem ilustrações estáticas para fenômenos dinâmicos, as simulações podem constituir um importante recurso ao apresentar animações interativas a respeito dos fenômenos estudados.

De acordo com Yamamoto e Barbeto (2001) e Miranda, Arantes e Studart (2011), para determinadas situações, quando a representação envolve elementos bastante abstratos, tais como cargas, fótons, campos, etc, as simulações assumem uma dimensão ainda mais relevante. Deste modo, constituem um recurso em potencial que poderá trazer grandes contribuições para o ensino e a aprendizagem na medida em que possibilitam a observação da situação virtual, a representação de um fenômeno cuja observação real a partir de um experimento não é possível de acontecer, dada a sua natureza.

Para Fiolhais e Trindade (2003), as simulações também são muito úteis no caso de alguns experimentos difíceis ou mesmo impossíveis de se realizar, seja pela necessidade de equipamentos sofisticados, pelos riscos envolvidos ou mesmo por questões relacionadas ao tempo (envolvem intervalos de tempo muito curtos para a observação ou, ainda, requerem muito tempo, no caso de experiências que envolvem processos muito lentos).

Outro fator de destaque quanto às potencialidades das simulações diz respeito à interatividade. Segundo Medeiros e Medeiros (2002), as simulações são mais do que simples animações que facilitam a visualização daquilo que está sendo estudado. É preciso considerar, sobretudo, a interatividade por ela proporcionada, a partir de uma

combinação de recursos tecnológicos e ainda pela possibilidade de geração de diferentes animações, conforme a seleção pelo estudante dos parâmetros mais relevantes quanto ao que se pretende observar.

Para Miranda, Arantes e Studart (2011), a possibilidade de combinações de parâmetros e também de repetição do experimento quantas vezes forem necessárias são aspectos bastante significativos quanto ao uso das simulações durante as aulas. Na visão desses autores, trata-se de fatores que contribuem, inclusive, para a interação entre professores e alunos durante a realização das atividades. Considerando tal interação, outro fator de destaque por autores como Yamamoto e Barbata (2001) e Gonçalves (2005) é que as simulações podem propiciar aos alunos uma participação mais ativa ao longo das aulas, mudando assim a tradicional postura de meros ouvintes muitas vezes assumida por eles.

Deste modo, a simulação revela-se como um interessante recurso para o desenvolvimento de atividades que poderão contribuir quanto aos objetivos definidos para o ensino e a aprendizagem de conceitos físicos, uma vez que é capaz de favorecer situações que exigirão maior participação e envolvimento dos alunos durante o ensino. Tal fato é considerado significativo quando se parte do pressuposto de que um papel mais ativo dos estudantes durante as aulas é importante não apenas pela possibilidade de despertar maior interesse dos mesmos, mas também por poder proporcionar melhores resultados quanto a sua aprendizagem.

Segundo Figueira (2005), a mudança no papel desempenhado pelo aluno durante sua aprendizagem poderá ocorrer, uma vez que as simulações constituem sistemas interativos que exigem dos estudantes respostas e tomadas de decisões, contribuindo para que o mesmo faça parte da construção de seu próprio conhecimento. Como consequência desse fato, os autores aqui citados ressaltam o maior interesse dos alunos pelas aulas de Física. Entretanto, apesar de despertar a curiosidade e a motivação para a aprendizagem, o uso de tais recursos computacionais não oferece, por si só, subsídios conceituais para que se reflita sobre os fenômenos ali envolvidos, de modo que “a presença do professor é de fundamental importância para que os conceitos trabalhados nas simulações possam ser assimilados pelos alunos” (MARTINS, 2008, p. 89).

Além das potencialidades da utilização das simulações, é necessário que se considerem também as limitações oferecidas por elas, para que de fato possam contribuir para o ensino e a aprendizagem de Física. Neste sentido, Medeiros e Medeiros (2002) alertam para o fato de que a simulação representa a modelagem de um sistema físico e, portanto, envolve simplificações e aproximações da realidade. Esta constitui sua principal diferença em relação aos experimentos reais. Deste modo, os autores destacam:

Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 81).

Os autores relatam o caso de um estudante que se vê maravilhado com as belíssimas imagens geradas por algumas simulações e que, diante de seu entusiasmo, não percebe os limites de validade das mesmas, chegando a considerar a observação virtual como se fosse um resultado experimental, sem atentar para alguns detalhes fundamentais a respeito do fenômeno e que foram omitidos pela simulação. Neste caso, na visão dos autores, as simulações acabaram por exercer um efeito destrutivo quanto ao conhecimento do estudante.

Se tal efeito é verificado em alunos de graduação que, em princípio, já possuem certo conhecimento, ainda que superficial, a respeito dos conceitos estudados, o que não esperar no caso dos sujeitos que ainda se encontram no Ensino Médio e que estão tendo o primeiro contato com tais conceitos? Até que ponto o caráter lúdico de determinadas simulações se tornam importantes para despertar a atenção do aluno e quando começam a constituir efeitos exagerados que prejudicam o conhecimento do mesmo?

Estas são questões importantes e que devem acompanhar o professor que opta por fazer uso destes OA durante suas aulas. Não há como negar que qualquer recurso ou estratégia de ensino que se apresente como algo potencialmente significativo quanto ao envolvimento e interesse dos alunos nas atividades desenvolvidas em sala de aula é sempre bem-vindo. Por outro lado, também não se pode desprezar o que seria o objetivo

principal das situações em sala de aula, ou seja, a aprendizagem de conceitos e o desenvolvimento de conhecimentos corretos sobre o tema estudado.

Diante disso, torna-se novamente evidente a importância da presença e atuação do professor, o qual necessita não só ter em mente a simplificação da realidade trazida pela simulação e o exagero contido em alguns efeitos por ela apresentados, como também possibilitar que os alunos tomem conhecimento deste fato. Isto pode e deve ser feito no decorrer das discussões realizadas durante e após a execução das atividades com as simulações nas aulas. Além disso, a existência de tais aspectos relacionados às limitações das simulações deve ser considerada desde a escolha da simulação que será utilizada durante as aulas até o desenvolvimento das atividades que contemplarão seu uso.

É desejável que uma simulação não gere conclusões equivocadas nos estudantes e tampouco que contenha erros conceituais. Entretanto, por mais cuidadosa que pareça ser a escolha da simulação quanto a isso, ideias equivocadas por parte do aluno poderão surgir e caberá ao professor esclarecer tais equívocos. Além disso, esses equívocos poderão, inclusive, constituir os principais pontos em torno dos quais o professor irá direcionar as discussões realizadas em sala, ao tratar o tema.

Outro fator importante quanto às considerações realizadas diz respeito ao cuidado necessário para que o professor não passe a seus alunos a equivocada ideia de que a situação simulada representa evidências e provas para uma determinada teoria científica:

O ponto de partida de toda simulação é a imitação de aspectos específicos da realidade, isto significando que, por mais atraente que uma simulação possa parecer, ela estará sempre seguindo um modelo matemático desenvolvido para descrever a natureza, e este modelo poderá ser uma boa imitação ou, por outras vezes, um autêntico absurdo. Uma simulação pode tão somente imitar determinados aspectos da realidade, mas nunca a sua total complexidade. Uma simulação, por isso, nunca pode provar coisa alguma (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 83).

Deste modo, tão importantes quanto as potencialidades oferecidas pelas simulações para o ensino de conceitos físicos são os limites das mesmas aqui considerados. Da mesma forma que tais potencialidades não são suficientes para garantir que o aprendizado dos conceitos estudados de fato ocorra, a existência de

limitações também não diminuí os méritos das simulações enquanto recurso didático para as aulas de Física.

Assim, com tais considerações, encerra-se a discussão apresentada a respeito das principais ideias em torno da utilização de TIC para o ensino de Física. Na seção seguinte, são feitas algumas considerações sobre outro elemento que costuma ganhar destaque nos trabalhos que tratam das dificuldades relacionadas ao ensino e à aprendizagem de conceitos físicos.

3.2. O Ensino de Física e a Matemática

No Capítulo 2, ao se identificar as possíveis abordagens do tema Eletromagnetismo no Ensino Médio, verificou-se que alguns autores apontam a Matemática como sendo um dos possíveis obstáculos para a aprendizagem de conceitos físicos (BRAGA, 2004; PAZ, 2007; ALBUQUERQUE, 2008). Nesta seção são apresentadas as ideias defendidas por alguns autores quanto ao papel da Matemática para o ensino da Física.

De acordo com Pietrocola (2002), ao se comparar os conteúdos da ciência com aqueles presentes no dia a dia, observam-se muitas barreiras oferecidas para seu ensino, as quais envolvem desde a abstração dos conceitos, que mantêm uma relação indireta com as situações cotidianas, ao estilo de raciocínio próprio que muito difere daquele empregado pelas pessoas. Segundo o autor, tais fatos evidenciam o quanto o mundo científico encontra-se distante daquele vivenciado pelo cidadão comum, sendo a linguagem utilizada um dos principais pontos de diferenciação entre a cultura científica e a do senso comum. Isso porque, conforme destaca o autor:

[...] ao contrário do que ocorre no cotidiano, a ciência, normalmente, vale-se da Matemática como forma de expressar seu pensamento. Seu emprego torna-se critério de cientificidade, na física, na medida em que a incapacidade de expressar propriedades de sistemas em linguagem matemática inviabiliza mesmo a possibilidade de admiti-las como hipóteses para o debate científico (PIETROCOLA, 2002, p. 89).

Deste modo, o autor chama atenção para o papel assumido pela Matemática como a linguagem do mundo científico. Entretanto, enfatiza que é importante “analisá-la como expressão de nosso próprio pensamento, e não apenas como instrumento de comunicação” (PIETROCOLA, 2002, p. 101). A Matemática é, na visão do autor, a

forma de se estruturar as ideias sobre o mundo físico, na medida em que, enquanto linguagem, fornece sua própria estruturação ao pensamento científico para constituir os modelos físicos. A precisão, universalidade e, sobretudo, a possibilidade de previsão, são características que a tornam estruturante do pensamento físico e da ciência, de modo geral (PIETROCOLA, 2002).

No que diz respeito ao ensino de Física, a Matemática é muitas vezes indicada como uma das responsáveis pelo fracasso escolar (PIETROCOLA, 2002; MARTINI, 2006). Essa é a visão não só de muitos professores como também dos próprios alunos que associam o baixo rendimento obtido na disciplina às dificuldades com a Matemática, como foi constatado por Sousa (2005) e Martins (2008). Diante disso, cabem aqui algumas considerações a respeito da importância da Matemática para as situações de ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio.

De acordo com Martini (2006), os manuais didáticos de Física utilizados no Ensino Médio apresentam ênfase no uso da Matemática em seu aspecto operacional, privilegiando, deste modo, o seu caráter instrumental, na medida em que a mesma acaba por constituir pré-requisito não para a aquisição do conhecimento físico, mas para a resolução de problemas e exercícios. Portanto:

Sob esse ponto de vista, não seria possível para o professor de física, ensinar sem que o aluno dominasse técnicas que lhe possibilitassem condições para resolver uma grande variedade e quantidade de exercícios. Além disso, a utilização de fórmulas e relações matemáticas é vista, nessa perspectiva, como sendo a essência do pensamento físico que pode ser adquirido após muitas repetições em problemas que retratam situações nem sempre de contexto. Assim, o fato de que muitos alunos não dominam aspectos algébricos presentes na resolução de problemas, explicaria a dificuldade em aprender física (MARTINI, 2006, p. 12).

A autora comparou a relação entre a Física e a Matemática em dois livros de Física do Ensino Médio com o valor da Matemática para o conhecimento físico na visão de três físicos: Feynman¹⁷, Krauss¹⁸ e Schenberg¹⁹. Embora a importância do papel da

¹⁷ Richard Philips Feynman (1918-1988): físico norte-americano responsável por grandes contribuições para a Mecânica Quântica e a Eletrodinâmica Quântica. Para investigar seu pensamento a respeito do papel da matemática no desenvolvimento das teorias físicas, Martini (2006) analisou a obra *O que é uma lei física* (1989).

¹⁸ Lawrence Maxwell Krauss (1954-): físico teórico nascido nos Estados Unidos. Martini (2006) fez a análise de seu livro *Sem medo da Física* (1995).

Matemática para os conhecimentos da Física seja enfocada de forma diferente pelos três cientistas, conforme relata a autora, de um modo geral, eles compartilham a ideia de que a Matemática é que possibilita a compreensão mais abrangente do universo físico e a sua importância “está em conseguir exprimir de maneira sintética e precisa o conhecimento da natureza por meio das leis físicas” (MARTINI, 2006, p. 98).

Para a autora, tal visão é compartilhada pelos livros didáticos analisados. Entretanto, ela destaca que, na relação entre o conhecimento físico e o saber matemático observada nestes livros, o que prevaleceu foi o caráter da Matemática como linguagem da Física:

São raras as ocasiões nos capítulos vistos em que os autores consideram a matemática algo mais do que aquilo que permite a tradução de uma ideia por meio de um formalismo. De fato, para os autores, a construção de um sistema de representação a partir de dados, nem sempre baseados na realidade próxima, parece ser a função primordial de suas propostas didáticas (MARTINI, 2006, p. 62).

De acordo com a autora, Schenberg considera que existe uma interdependência histórica entre o conhecimento físico e o conhecimento matemático, de modo que, diante da necessidade de uma descrição quantitativa do fenômeno, a Física abre caminho para a Matemática e vice-versa. Já nas considerações de Feynman e Krauss, relata a mesma, o que se torna evidente não é a correlação histórica entre os dois saberes, mas o papel da Matemática de traduzir e dar sentido a um tipo de pensamento e conhecimento, no caso, o conhecimento físico. Deste modo:

Para além dos aspectos instrumentais, os dois físicos concordam que a matemática pode estar presente de maneiras diversas, ora como aquilo que traduz o conhecimento, ora como aquilo que assegura a possibilidade de se instituir em relações entre os conceitos (MARTINI, 2006, p. 98).

A autora afirma que as inter-relações históricas entre os conhecimentos, apontadas por Schenberg, não foi identificada nos livros didáticos, mas o caráter funcional e operacional da Matemática, destacados por Krauss e Feynman, está presente nas obras. Porém, destaca a autora, observa-se uma necessidade de quantificação das grandezas a partir de um grande número de problemas, o que pode ser observado ao

¹⁹ Mário Schenberg (1914-1990): físico teórico brasileiro. Martini (2006) analisou a sua obra *Pensando a Física* (1984).

longo dos capítulos, os quais se desenvolvem na mesma sequência em ambos os livros: teoria/exercícios de fixação/exercícios de recapitulação/exercícios de vestibulares.

Martini (2006) afirma também que, contrariando essa abordagem mais tradicional presente nos livros didáticos, outros manuais e algumas escolas têm buscado seguir um caminho oposto, a partir de abordagens nas quais a Matemática muitas vezes está ausente:

Procuram abolir, do ensino de física, praticamente tudo o que não é qualitativo e passam a adotar a contextualização do fenômeno como suficiente para a aquisição do conhecimento sobre ele. As expressões matemáticas, nesse contexto, são por vezes apresentadas, contudo somente analisadas do ponto de vista conceitual, sem que dados numéricos sejam substituídos ou que resultados de um procedimento experimental sejam aplicados (MARTINI, 2006, p. 12).

Para a autora, trata-se uma interpretação equivocada dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2000), os quais apresentam uma forte preocupação com a contextualização, sendo que:

No sentido utilizado, mais do que criar contexto, trata-se de explicitar o contexto, situar o contexto. Isso corresponderia a tratar temas, fenômenos ou situações de forma articulada, dentro da realidade que lhes dá significado, uma realidade que seja representativa para o aluno (MARTINI, 2006, p. 12).

Entretanto, destaca a autora, a contextualização tem sido proposta e usada de forma diversa, o que, na prática, tem lhe conferido diferentes significados. Dentre eles, “a contextualização pode significar a adoção de uma abordagem com ênfase fenomenológica, da qual a matemática passa a estar ausente ou, em alguns casos, relegada em sua importância” (MARTINI, 2006, p. 13). Nesta perspectiva, uma abordagem contextualizada que despreza o papel da Matemática acaba tornando-se ineficaz à aprendizagem da Física, dado que tanto o tratamento dos fenômenos físicos do cotidiano quanto o uso e a apropriação de algumas das relações matemáticas que constituem o saber físico são considerados necessários para esse fim.

Portanto, diante do que aqui foi exposto, considera-se a questão da presença da Matemática no ensino da Física uma situação um tanto quanto delicada. A compreensão dos aspectos conceituais relacionados à Física é certamente indispensável durante o ensino desta Ciência e as dificuldades com a Matemática, sobretudo diante das situações em que o ensino está baseado na resolução de uma série

de repetitivos exercícios, onde o que mais se valoriza é a destreza do aluno diante das diversas operações matemáticas a serem realizadas, não deveria ser um obstáculo para que tal compreensão ocorresse.

Deste modo, é importante que a abordagem dos conteúdos de Física possa superar o tradicional tratamento matemático, baseado na aplicação de fórmulas e equações, as quais costumam não ter significado para os alunos. Por outro lado, partilhando da ideia de ser a Matemática a estruturante do pensamento físico (PIETROCOLA, 2002), não é possível conceber o ensino da Física dissociado da mesma. Além disso, se é considerada relevante a ênfase em aspectos conceituais durante o ensino, a Matemática também exerce um papel quanto a isso e, logo, não poderá ser abandonada durante as situações de ensino.

Para Pinheiro, Pietrocola e Alves Filho (1999), assim como no processo de produção do saber físico, a Matemática desempenha um relevante papel para o ensino, de modo que deve-se oferecer ao aluno oportunidades para que conheça modelos matemáticos que poderá utilizar e interpretar nas suas diversas formas de representação: algébrica, gráfica, tabelas, etc.

Buscando investigar o papel da Matemática para o conhecimento físico, também a partir da visão dos alunos, Martini (2006) verifica quando e de que maneira os mesmos fazem uso ora de explicações conceituais descritivas, ora de relações matemáticas nas soluções de problemas específicos. De acordo com a autora, foi possível constatar três modos:

- *Matemática como linguagem*: permite a operacionalização numérica das grandezas a partir de fórmulas. Constitui o modo básico e é classificado pela autora como *habilidade numérica*.
- *Domínio operacional algébrico*: em vez de números, a quantificação ocorre por meio de signos. A Matemática é identificada pelo aluno como “aquilo que dá passagem ao pensamento do concreto para o abstrato, ampliando-o e expondo-o de forma mais eficiente e generalizadora” (MARTINI, 2006, p. 101).

- *Transposição conceitual de uma relação algébrica ou de proporcionalidade em uma situação contextualizada:* trata-se da situação em que o aluno extrapola o domínio algébrico para o conceitual, atribuindo-lhe nova dimensão, a partir de um domínio explicativo mais consistente.

Para a autora, esses modos para o uso da Matemática constituem diferentes formas para a compreensão dos fenômenos físicos, sendo que “uma compreensão numérica estabelece com o fenômeno uma relação mais concreta do que a algébrica que prescinde do dado numérico” (MARTINI, 2006, p. 102).

Segundo a autora, a compreensão conceitual estaria na origem das compreensões numérica e algébrica, de modo a se supor que sem a mesma, não se poderia entender as relações numéricas e muito menos as relações algébricas dos conceitos. Assim:

Haveria, então, uma sequência de habilidades que deveria ser seguida para se chegar ao saber físico: conceitual, numérica e algébrica. Não foi isso que verificamos em nossa investigação. As habilidades/compreensões não são obtidas ordenadamente, uma após a outra, e é possível que uma não seja condição para que a outra se dê (MARTINI, 2006, p. 102).

A autora verificou que a progressão na forma de se obter o conhecimento não ocorre uma direção definida, não havendo, portanto, uma correlação direta entre as compreensões consideradas. Apesar disso, a autora não descarta a existência de possíveis vínculos:

Parece-nos que as explicações conceituais daqueles alunos que têm a habilidade algébrica desenvolvida são mais claras, mais objetivas e mais consistentes do que daqueles que não a possuem. As respostas denotam um domínio maior do conceito se comparado ao aluno que não consegue operar nem algebricamente nem numericamente. Pode-se supor que não há garantia de que aquele que só demonstra compreender conceitualmente o fará novamente, em outra situação de contexto. O fato é que para o aluno que passou da compreensão numérica para a algébrica, o domínio conceitual se instaura de maneira mais significativa parecendo, portanto, que a matemática é fator preponderante na construção de sua aprendizagem (MARTINI, 2006, p. 103).

Considerando, agora, a Matemática dentro do contexto de ensino de Eletromagnetismo, Paz (2007) faz referência aos obstáculos oferecidos pelas operações matemáticas relativas aos conceitos estudados, os quais, segundo o autor, possuem

relação com a dificuldade do aluno em entender as interações e o comportamento de variáveis eletromagnéticas no espaço tridimensional e também com a simplificação matemática neste espaço. Conforme aponta o autor, ainda que nas duas séries iniciais do Ensino Médio os temas estudados envolvam grandezas e interações distribuídas no espaço tridimensional, o ensino ocorre de tal maneira a linearizar ou planificar tais interações com a finalidade de simplificar e, deste modo, facilitar seu entendimento. Por isso, os conteúdos estudados costumam envolver a relação entre duas variáveis.

Entretanto, no caso do Eletromagnetismo, tema abordado geralmente na terceira série do Ensino Médio, o estudo passa a envolver a relação de três variáveis distribuídas no espaço e “aliado à necessidade do domínio espacial das variáveis tem-se na Matemática outro obstáculo, no sentido de perceber as projeções das variáveis, simplificando as operações matemáticas das grandezas vetoriais” (PAZ, 2007, p. 18). Neste sentido, ainda que o professor lance mão de alguns artifícios como a regra da mão direita, a regra da mão esquerda e, ainda, os símbolos para as grandezas perpendiculares às demais representadas no plano do papel (Figura 3.1), os alunos poderão ter dificuldade para a compreensão da dimensão espacial de tais grandezas, além de suas dificuldades relativas às habilidades numéricas e ao domínio operacional algébrico já presentes nos conteúdos que envolviam a relação entre duas variáveis.

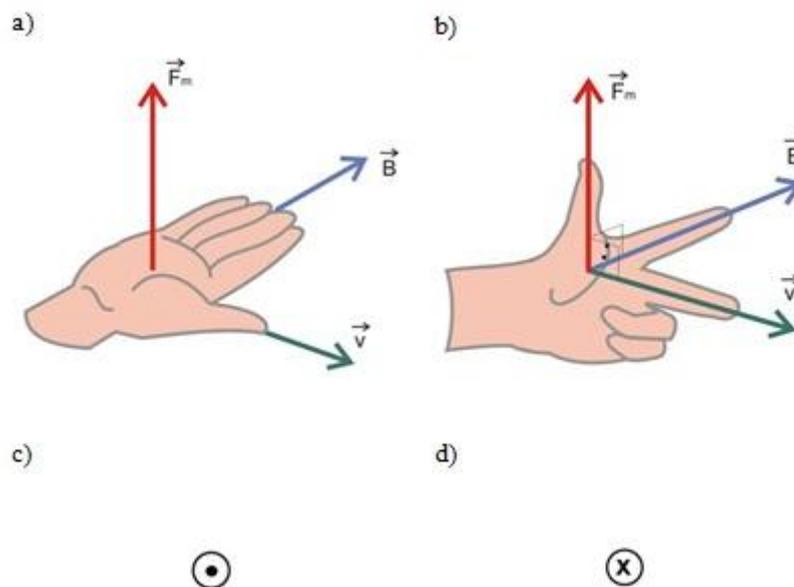


Figura 3. 1 - Regra da mão direita (a) e regra da mão esquerda (b) para as variáveis envolvidas na expressão da Força de Lorentz e símbolos “saindo do plano” (c) e “entrando no plano” (d) para indicar o sentido de grandezas vetoriais perpendiculares ao plano do papel²⁰.

Dos trabalhos analisados durante o Capítulo 2, nota-se que aqueles que investigam as potencialidades das TIC para o ensino de Física e que tratam das relações matemáticas envolvidas na aprendizagem dos conceitos físicos, em sua maioria, descrevem situações nas quais é analisada a utilização da modelagem computacional, conforme pode ser observado em Araújo e Veit (2004), Cenne (2007) e Andrade (2010). De acordo com Veit e Teodoro (2002), a modelagem constitui um processo de representação simplificada de um sistema, o qual mantém apenas as suas características essenciais. Para os autores, a sua utilização no ensino e aprendizagem em Física possibilita uma melhor compreensão dos conceitos e favorece o desenvolvimento cognitivo em geral, na medida em que facilita a construção de relações e significados. Para Andrade (2010):

A modelagem computacional se baseia na construção de um modelo de um fenômeno natural a partir da identificação de variáveis e parâmetros envolvidos no fenômeno em questão, e das equações matemáticas que regem tal fenômeno, e a partir desta construção, o modelo pode ser simulado,

²⁰ Figura adaptada a partir de imagens obtidas em: <<http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2011/11/cursos-do-blog-eletricidade.html>>. Acesso em: 23 set. 2012.

explorado, testado e também ser expandido para situações mais gerais (ANDRADE, 2010, p. 10).

Segundo o autor, a modelagem constitui uma alternativa que auxilia quanto ao problema muitas vezes verificado no ensino da Física, em que os princípios e conceitos envolvidos nos temas estudados acabam sendo suprimidos em função de uma abordagem apenas algébrica e aritmética dos fenômenos:

No uso da modelagem computacional a parte matemática tem um papel importante, porém ela é usada como uma linguagem de representação, onde a análise e interpretação das grandezas, conceitos, princípios e variantes representadas pela linguagem matemática em uma situação ou fenômeno ganham a atenção principal dentro de um dado tema estudado (ANDRADE, 2010, p. 11).

No caso específico da simulação computacional, ainda que nenhum dos trabalhos analisados faça uma discussão quanto ao seu uso dentro do contexto da relação entre a Matemática e a Física, considera-se que a simulação também apresenta contribuições para o entendimento das representações matemáticas necessárias à compreensão dos conceitos físicos estudados. Tal consideração é feita levando-se em conta que, a partir das simulações computacionais, é possível desenvolver atividades semelhantes às propostas em atividades de modelagem computacional exploratória²¹, nas quais o modelo do fenômeno já vem pronto e sua exploração pelo estudante ocorrerá a partir de variáveis e parâmetros já existentes (ANDRADE, 2010).

No que diz respeito aos OA utilizados na investigação apresentada neste trabalho, as atividades desenvolvidas possuem caráter daquelas utilizadas na modelagem computacional exploratória, de modo que, a partir da manipulação da simulação computacional para a visualização de um mesmo fenômeno sob a perspectiva de diferentes parâmetros, os alunos puderam realizar discussões e fazer o estudo de alguns dos conceitos do Eletromagnetismo.

²¹ Andrade (2010) divide as atividades de modelagem computacional em duas categorias. Além das atividades exploratórias, o autor cita as atividades denominadas expressivas ou de criação. Neste tipo de atividade, o próprio usuário cria o modelo do fenômeno, a partir de equações matemáticas, usando um programa de modelagem computacional. Neste caso, é exigido maior conhecimento e prática do usuário, o que, segundo Martins (2008), em muitos casos, dificulta o desenvolvimento dessa atividade com alunos do Ensino Médio.

Considerando as visualizações proporcionadas pelas simulações no OA, a seção que encerra este capítulo traz uma discussão a respeito das principais ideias relacionadas a este tipo de representação.

3.3. Visualização e o Ensino de Física

Conforme apontam alguns autores, tais como Gilbert (2005) e Souza Filho (2010), a visualização desempenha um importante papel para o ensino de Ciências, de um modo geral. O estudo de objetos matemáticos na geometria espacial (SANTOS, 2006), de determinados conteúdos de genética (SETÚVAL; BEJARANO, 2009), a compreensão de interações químicas (LOCATELLI; FERREIRA; ARROIO, 2010) e de conceitos ligados aos fenômenos eletromagnéticos (BOTZER; REINER, 2005; SOUSA, MALHEIROS; FIGUEIREDO, 2012) constituem alguns dos exemplos que revelam tal fato. Entretanto, apesar da presença da visualização nas práticas relacionadas ao ensino e à aprendizagem de vários conteúdos da Matemática, da Biologia, da Química e da Física, o referencial teórico a seu respeito ainda é relativamente recente, principalmente em nosso país, como destaca Pereira (2011).

De acordo com Gobert (2005) e Pereira (2011), o termo visualização apresenta diversos sentidos e aplicações, nas diferentes áreas do conhecimento. No caso específico das pesquisas em psicologia e educação, Gobert (2005) identifica três usos mais comuns: *visualização externa*, *visualização interna* e a *visualização como habilidade espacial*. A autora destaca ainda que estas três formas de uso para o termo não são mutuamente exclusivas, afirmando também que “*a aprendizagem com uma visualização externa provavelmente requer que se construa uma representação mental interna do objeto ou fenômeno sob investigação e as habilidades de visualização espacial podem desempenhar um papel nesse processo de construção*”. (GOBERT, 2005, p. 74, tradução nossa).

A seguir, são apresentadas as principais ideias a respeito de cada um dos três usos para a visualização, a partir das considerações feitas por Gobert (2005) e também por outros pesquisadores da área.

3.3.1. As visualizações externas

Das formas de visualização apontadas por Gobert (2005), a visualização externa é considerada pela autora como sendo aquela mais utilizada para a aprendizagem, constituindo, no caso do ensino de ciências, representações que auxiliam o ensino e a aprendizagem de determinados temas e conceitos, como é o caso das representações feitas por gráficos, diagramas, modelos e, inclusive, as simulações, como aquelas geradas por OA e que são discutidas neste trabalho.

A importância das visualizações externas para as aulas de Física e de Ciências, de modo geral, é percebida na definição dada por Uttal e O' Doherty (2008) para este tipo de representação. De acordo com os autores, a visualização externa é qualquer representação física que tem por objetivo tornar visível um conceito abstrato, tornando, assim, mais acessíveis durante a aprendizagem as informações de maior complexidade. Deste modo, a grande vantagem das visualizações externas consiste na sua capacidade em desenvolver o pensamento a partir do visual, em vez do abstrato e dos termos simbólicos. Percebe-se, no caso destes autores, um maior destaque para as representações em que se faz uso de imagens, como as fotografias, figuras, simulações, etc.

Gilbert (2005), ao tratar das visualizações externas no ensino de ciências, destaca cinco modos de representação para o modelo de um fenômeno que está sendo estudado:

- *Modo concreto ou material:* representação tridimensional do modelo a partir da utilização de determinados objetos e materiais como ocorre na confecção de uma maquete, por exemplo.
- *Modo verbal:* descrição das entidades envolvidas na representação utilizada e das relações entre elas.
- *Modo simbólico:* representações por símbolos, fórmulas, equações e expressões, principalmente a partir da linguagem matemática.
- *Modo visual:* representações a partir de figuras, gráficos, animações, etc.

- *Modo gestual*: movimento do corpo ou de uma de suas partes durante a explicação.

Além desses modos de representação, Gilbert (2005) aponta também três níveis para a visualização como representação externa:

- *Nível Macroscópico*: consiste na observação direta do fenômeno, como ocorre em uma experiência de laboratório, por exemplo, ou mesmo na observação de um fenômeno do cotidiano.
- *Nível Sub-Microscópico*: representação de entidades não visíveis e as relações que apresentam, como acontece no caso da representação de átomos, moléculas, íons, etc.
- *Nível Simbólico*: representação simbólica das entidades sub-microscópicas a partir das relações quantitativas existentes entre elas, resultando em uma expressão matemática, como a expressão da Força de Lorentz discutida em uma das sequências de atividades apresentadas neste trabalho.

A transição entre estes modos e níveis de representação torna-se necessária para que a visualização possa, de fato, contribuir para o aprendizado dos conceitos e dos temas estudados. Entretanto, conforme destaca Gilbert (2005) e é reforçado por Pereira (2011), trata-se de um processo que exige grande esforço intelectual do estudante. Neste sentido, também é destacado o papel do professor durante o ensino, pois, além do esforço intelectual necessário, corre-se também o risco de que os estudantes possam “dirigir sua atenção apenas para a visualização em si, e não sobre o que ela pretende representar” (PEREIRA, 2011, p. 17). O autor também destaca:

O simples fato das visualizações serem de natureza visual não é suficiente para garantir uma visão representativa, uma vez que os estudantes novatos podem falhar em obter uma visão de representação ao interpretar uma nova visualização. É fundamental que os estudantes entendam que as visualizações são representações. Os instrutores estão muitas vezes tão acostumados a pensar sobre a visualização como uma representação que podem facilmente esquecer que os alunos podem não entender a correspondência entre a visualização e o que ela pretende representar. O que pode parecer óbvio para o instrutor pode ser totalmente obscuro para o estudante (PEREIRA, 2011, p. 17).

Outro ponto de destaque quanto a esta questão diz respeito à forma como cada aluno interpreta a representação visualizada. Neste caso, são necessárias algumas considerações a respeito da visualização como representação interna, as quais serão feitas a seguir.

3.3.2. As visualizações internas

Segundo Gobert (2005) a visualização também é utilizada para tratar das construções mentais internas, os denominados modelos mentais. Nesta perspectiva, a visualização envolve processos cognitivos, os quais implicam em “ver com os olhos da mente” (BOTZER; REINER, 2005; GOBERT, 2005).

De acordo com Rapp (2005) os modelos mentais são de difícil definição devido a uma série de razões. Dentre elas, cita a própria abstração que o conceito envolve e o fato de que também foi definido de maneira variada ao longo de diferentes pesquisas, de modo que, em sua maioria, se percebe pouca interação entre elas. Apesar disso, o autor caracteriza os modelos mentais, em um sentido mais geral, como sendo “*organizações conceituais de informação na memória*” (RAPP, 2005, p. 45, tradução nossa). Para o autor, os modelos mentais constituem estruturas internas de um conhecimento organizado, as quais podem ser usadas para resolver problemas. Além disso, ao discutir as ideias dos modelos no contexto educacional, destaca que estes “*são codificados no que diz respeito às relações espaciais, temporais e causais de um conceito. Eles podem ser executados para simular esse conceito, a fim de avaliar pontos de vista alternativos e analisar as possibilidades não facilmente disponíveis ou aparentes*” (RAPP, 2005, p. 45, tradução nossa).

No que diz respeito à Física, Botzer e Reiner (2005) ressaltam os processos cognitivos envolvidos nas práticas relacionadas a essa ciência e destacam a necessidade de se “ver com os olhos da mente”, conforme já mencionado anteriormente, durante a realização de tais práticas. Assim, discute a ideia do *pensar em imagens*, processo que ocorre durante a visualização de um evento, a exploração mental de um diagrama ou comparando representações mentais pictóricas. Tal processo de pensamento por geração ou manipulação de imagem é tratado pelos autores por *imagem mental* ou, simplesmente, *visualização*.

Conforme também apontam Botzer e Reiner (2005), a história da Física mostra que a visualização, considerando essa perspectiva de imagem mental, foi crucial para os avanços científicos. A ideia nada intuitiva de que todos os corpos caem no vácuo com a mesma aceleração, independente de seu peso, apresentada por Galileu, ou ainda, o conceito de simultaneidade, o qual Einstein procura explicar a partir de situações imaginadas em trens, são alguns dos exemplos de experiências de pensamento destacados pelos autores. Embora o nível de abstração no segundo caso seja muito superior em relação ao primeiro, como destacam Botzer e Reiner (2005), ambos representam imagens mentais que contribuíram para o desenvolvimento das ideias da Física.

Dentro dessa ideia do uso de visualização pelos cientistas, Greca e Santos (2005), ao discutirem a importância dos modelos utilizados pela Ciência, afirmam:

Os modelos físicos desenvolvem a potencialidade da teoria, originando-se de imagens e metáforas que delimitam os fenômenos: se a teoria científica constitui uma particular “concepção de mundo” determinando o tipo de perguntas e de explicações que podem ser formuladas, os modelos físicos determinam a forma pela qual são “percebidas” as classes de fenômenos vinculadas a eles. Os modelos são, para os físicos, instrumentos de trabalho que permitem representar um problema de forma simplificada. Tais modelos estabelecem, por exemplo, as simplificações, os vínculos e as restrições necessárias ou as estruturas internas, mesmo que não sejam diretamente observadas (GRECA; SANTOS, 2005, p. 35).

Para as autoras, a visualização deve ser entendida de maneira mais ampla e não apenas como uma relação pictórica em que cada elemento do modelo corresponde a um elemento da realidade. Elas destacam ainda que os físicos do século XX fizeram menor uso de visualizações “devido às limitações das representações que podemos gerar a partir de nossa vivência macroscópica” (GRECA; SANTOS, 2005, p.35) e também, a partir do desenvolvimento da Mecânica Quântica, onde nossas concepções visuais são de certo modo inadequadas para a compreensão de determinados conceitos, como no caso da ideia da dualidade onda-partícula. Entretanto, reforçam também as autoras, a diminuição paulatina da visualização não significa o seu abandono pelos físicos.

Voltando à questão da visualização como representação interna, a partir do contexto de educação em Ciências, alguns autores como Gilbert (2005) discutem a ideia de Metavisualização e Capacidade Metavisual, embora sua existência e relevância ainda

estejam por ser comprovadas (PEREIRA, 2011). A metavisualização, segundo Locatelli (2011), diz respeito à habilidade metacognitiva de visualização do aluno. Tal habilidade refere-se, segundo a autora, à capacidade de pensar sobre o próprio pensamento, ao conhecimento sobre o próprio processo cognitivo. Ainda que uma discussão a respeito da capacidade metavisual esteja além do escopo deste trabalho, cabe ressaltar a sua possibilidade de “*desenvolver nos alunos a faculdade de processar fluentemente a estrutura interna de uma visualização dinâmica*” (PEREIRA, 2011, p. 26). Entretanto, de acordo com esse autor, para que isso se torne possível é necessária uma sistemática investigação sobre o papel da visualização no âmbito da aprendizagem.

Finalmente, vale ressaltar também o fato de que a visualização enquanto representação interna pode gerar diferentes conhecimentos para pessoas distintas (GILBERT, 2005). Tal fato é de extrema importância ao se investigar a questão da visualização no ensino de Física, inclusive durante a reflexão do papel da visualização como representação externa, relatado anteriormente.

3.3.3. *As visualizações como um tipo de habilidade espacial*

A visualização como habilidade espacial está relacionada à capacidade de manipulação e transformação de imagens ou padrões espaciais (GOBERT, 2005). Trata-se, portanto, de um tipo de visualização que possui relação direta com as visualizações externas e internas, discutidas anteriormente, uma vez que, conforme enfatiza Gilbert (2008), a visualização requer a percepção e a manipulação mental de objetos no espaço. Deste modo, o autor discute a questão da dimensionalidade das representações envolvidas na modelagem de um fenômeno.

Considerando a ideia de que os modelos na ciência podem ser vistos como uma simplificação do problema ou do fenômeno a ser estudado (GRECA; SANTOS, 2005; GILBERT, 2008), tal simplificação envolve uma redução progressiva, a partir da seguinte ordem: representações em três dimensões são reduzidas para duas dimensões e esta para uma dimensão (GILBERT, 2008). Neste sentido, o autor destaca que o contato do estudante com representações em três dimensões poderá acontecer em atividades de laboratório (nível macroscópico) ou ainda durante as explicações do professor a respeito

de entidades do nível sub-microscópico, em que se faz uso dos modos concreto e gestual citados anteriormente.

Já o contato com as representações em duas dimensões também poderá ser realizada no laboratório, quando os alunos visualizam a projeção ou a secção transversal de elementos relacionados ao fenômeno estudado, mas também a partir de fotografias, figuras, gráficos, simulações virtuais, etc. A representação em uma dimensão, por sua vez, diz respeito ao nível simbólico. Trata-se dos símbolos e equações utilizados pela ciência.

Ainda que a visualização como habilidade espacial seja um dos temas de investigação em ensino de ciências, principalmente no exterior (PEREIRA, 2011), uma discussão maior a seu respeito foge do escopo deste trabalho.

Deste modo, encerra-se este capítulo, após a apresentação das principais ideias que constituem o referencial teórico que norteia esta a pesquisa. Conforme discutido anteriormente, ainda que de forma paulatina, os OA vêm ganhando espaço nas aulas de Ciências, dadas as suas possibilidades e contribuições para o ensino e a aprendizagem dos conceitos físicos estudados. No caso das simulações computacionais, desde que consideradas as limitações a elas inerentes, a sua utilização poderá constituir uma interessante estratégia, dadas as suas potencialidades para o desenvolvimento de atividades investigativas e para a visualização do fenômeno físico estudado. Neste sentido, foram desenvolvidas atividades que contemplam o uso de OA para o estudo do Eletromagnetismo no Ensino Médio, as quais são apresentadas no capítulo seguinte que trata da metodologia utilizada na pesquisa e do contexto em que ela se desenvolveu.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DE PESQUISA

Considerando a pergunta de pesquisa “*Como os objetos de aprendizagem podem contribuir para o ensino de conceitos de Eletromagnetismo no Ensino Médio?*”, este capítulo apresenta a natureza da pesquisa realizada durante a elaboração do trabalho, assim como os procedimentos adotados para a coleta dos dados. Além disso, também é feita uma descrição do contexto onde o estudo foi desenvolvido, bem como os procedimentos para a análise dos dados coletados.

4.1. Caracterização da Pesquisa

A pesquisa aqui apresentada segue a abordagem qualitativa na qual, segundo Garnica (1997), o termo *pesquisa* adquire novo significado, apresentando-se como uma trajetória circular em torno daquilo que se deseja compreender. Para o autor, na busca por essa compreensão, o pesquisador não está preocupado com os princípios, leis e generalizações, mas sobretudo com a qualidade, com os elementos significativos. Além disso, não se trata de uma compreensão racional, mas da capacidade própria humana, parte ativa de um contexto que ele mesmo constrói e no qual está imerso. Sua compreensão resulta dos questionamentos sobre as coisas com as quais convive.

Alguns autores como Lüdke e André (1986) e Triviños (2009) identificam a pesquisa qualitativa, considerando as seguintes características:

- O ambiente constitui fonte direta dos dados e o investigador é o instrumento principal da pesquisa;
- A pesquisa é descritiva;
- Mais do que com os resultados e o produto, a preocupação está voltada principalmente para o processo;
- O significado é o elemento essencial neste tipo de pesquisa;

- A tendência dos pesquisadores na abordagem qualitativa é a análise de dados de forma indutiva²².

De acordo com Alves (1991), a pesquisa qualitativa apresenta diversas denominações por conta das diferentes origens e ênfases, o que resulta em inúmeras definições e características consideradas essenciais a esse tipo de pesquisa. Borba (2004) também destaca a diversidade a respeito do entendimento do que é a pesquisa qualitativa e acrescenta:

O que se convencionou chamar de pesquisa qualitativa, prioriza procedimentos descritivos à medida em que sua visão de conhecimento explicitamente admite a interferência subjetiva, o conhecimento como compreensão que é sempre contingente, negociada e não é verdade rígida. O que é considerado "verdadeiro", dentro desta concepção, é sempre dinâmico e passível de ser mudado (BORBA, 2004, p. 2).

Quanto ao uso da pesquisa qualitativa em educação, mais especificamente no que diz respeito ao contexto escolar, Hammel (2010) afirma que, ao se considerar a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados, a sala de aula se apresenta como um espaço propício para a realização da pesquisa qualitativa, considerando a necessidade do envolvimento direto do professor com os alunos, os sujeitos da pesquisa, durante a tarefa de estudo e análise do tema em seu ambiente e ao fazer a descrição dos fatos ali ocorridos.

Considerando ainda as ideias de Hammel (2010) a respeito da sala de aula enquanto ambiente de estudo, uma descrição a respeito do contexto em que a pesquisa é realizada torna-se necessária, o que será feito na seção seguinte.

²²De acordo com Gil (1999), no método indutivo o pesquisador parte do particular e a generalização só ocorre após a coleta de dados particulares. Deste modo, a generalização não é estabelecida por meio de hipóteses, mas constatada pela observação de casos concretos e reais. Após a observação dos fatos e fenômenos de interesse, é feita a comparação para que se verifiquem as relações existentes e, a partir daí, fazer finalmente a generalização. Para o autor, as conclusões obtidas dessa forma, “correspondem a uma verdade não contida nas premissas consideradas” (GIL, 1999, p. 29), constituindo, portanto, conclusões que são apenas prováveis.

4.2. Contexto do Estudo

Os estudos referentes a esta pesquisa foram realizados com alunos da terceira série do Ensino Médio Regular, na E. E. Prof^a. Maria Amália de Magalhães Turner, na cidade de Guaratinguetá – SP²³.

A referida Unidade de Ensino (Figura 4.1) está localizada no bairro Campinho, situado próximo ao centro da cidade, mas com características de bairro de periferia. Trata-se de um bairro pequeno e sua história remonta à época da criação da cidade. Além disso, também faz divisa com dois bairros de zona rural, atendendo, deste modo, a alunos provenientes de ambas as áreas (urbana e rural).

No primeiro semestre de 2012, havia 19 turmas na escola, distribuídas em três turnos, atendendo ao Ensino Fundamental – Ciclo II e ao Ensino Médio, nos períodos diurnos e à EJA do Ciclo II e Ensino Médio, no período noturno. Portanto, o corpo discente é composto por diferentes faixas etárias, desde o pré-adolescente recém-alfabetizado até adultos que por diferentes motivos não puderam concluir seus estudos na idade regular. E, de acordo com dados apresentados no Plano de Gestão Escolar, os integrantes do corpo discente pertencem principalmente aos grupos de baixa e média renda.

²³ Parte das informações aqui descritas foram baseadas no Plano de Gestão da escola.



Figura 4. 1 – E. E. Profª. Maria Amália de Magalhães Turner, na cidade de Guaratinguetá – SP, ambiente da pesquisa realizada.

A escola possui 10 salas de aula, embora o número máximo de salas utilizadas por período seja de apenas 7, devido à quantidade reduzida de turmas. Além disso, como espaço físico para a realização das aulas, a escola conta também com uma quadra de esportes, uma pequena biblioteca, uma sala de vídeo e uma sala de informática (Figura 4.2), na qual funciona o Programa ACESSA ESCOLA²⁴.

Embora o objetivo principal do ACESSA ESCOLA não seja proporcionar um ambiente específico para o desenvolvimento de aulas por meio da utilização de recursos da informática, a existência de tal projeto na instituição torna isto possível, ainda que de forma limitada. A sala possui cerca de 10 máquinas, de modo que esse pequeno número de computadores e a disposição física do ambiente, a qual apresenta os mesmos lados em bancadas, algo semelhante a uma *lan house*, constituem fatores que dificultam a utilização do ambiente como sala de aula. O espaço para movimentação não é adequado, principalmente considerando a quantidade de alunos para determinadas

²⁴ O ACESSA ESCOLA é “um programa do Governo do Estado de São Paulo, desenvolvido pelas Secretarias de Estado da Educação e de Gestão Pública, sob a coordenação da Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE). Tem por objetivo promover a inclusão digital e social dos alunos, professores e funcionários das escolas da rede pública estadual”.

turmas. Por esse mesmo motivo, durante a utilização da sala, para a maioria das turmas da escola, é comum que alguns alunos permaneçam em pé, uma vez que não é possível trazer mais cadeiras diante de tal limitação do espaço físico. Além disso, o ambiente não possui refrigeração, o que também constitui um inconveniente em determinadas épocas do ano.



Figura 4. 2 – Sala de informática da escola.

4.2.1. O Piloto

Nos meses de outubro e novembro de 2011, tendo como objetivo o aperfeiçoamento dos instrumentos de pesquisa e dos procedimentos de coleta de dados, foi realizado o piloto do estudo desenvolvido neste trabalho de dissertação. As observações e conclusões reveladas pelo piloto constituíram fator decisivo para as tomadas de decisões e para as mudanças necessárias quanto ao que se havia planejado inicialmente para este trabalho.

Participou da pesquisa piloto uma turma de terceiro ano do Ensino Médio Regular da escola, a qual era formada por 33 alunos. As atividades, assim como alguns textos usados durante as aulas, foram apresentados inicialmente aos alunos por meio de um ambiente virtual, o TelEduc. Entretanto, conforme é discutido mais adiante, o uso do AVA aconteceu apenas nas primeiras aulas.

Durante a fase de sua realização muitas dificuldades surgiram no decorrer da aplicação das atividades e coleta de dados. Algumas foram relativas a fatores técnicos e outras dizem respeito às próprias dificuldades apresentadas pelos estudantes diante das atividades propostas.

No primeiro caso, alguns acontecimentos como a impossibilidade do uso do *Data Show* da escola devido à falta de um adaptador para a tomada ou a falta de bateria na filmadora que seria usada para a coleta de dados serviram como alerta para que maior atenção fosse dada quanto a esses detalhes de ordem técnica relacionados aos materiais utilizados e, deste modo, esses problemas não voltaram a se repetir nas demais aulas. Além disso, considerando que o download dos OA utilizados pelos alunos, a partir do ambiente virtual, no caso das atividades iniciais realizadas com o TelEduc, poderia se tornar um processo demorado, atrasando o desenvolvimento das atividades, resolveu-se disponibilizá-los em uma pasta própria em cada máquina utilizada. Porém, não era de conhecimento deste professor-pesquisador o fato de que qualquer arquivo salvo nos computadores da sala de informática da escola é apagado no momento em que se encerra a utilização pelo aluno²⁵. Deste modo, um CD-ROM contendo os OA era entregue a cada grupo de alunos no início de cada aula. Embora tais problemas de ordem técnica constituíssem imprevistos que acabaram atrasando um pouco as aulas iniciais, não constituíram exatamente um obstáculo para que a aula se desenvolvesse.

Já os aspectos relacionados às dificuldades dos alunos constituíram algo de intensa reflexão durante a realização dessa etapa da pesquisa. Entre tais dificuldades, um fator de destaque foi o uso do ambiente virtual TelEduc durante as atividades iniciais. Durante a fase de elaboração do Plano de Dissertação, optou-se pela utilização de um AVA, no caso o TelEduc, como apoio às aulas nas quais a pesquisa fosse realizada. Tal escolha ocorreu considerando as potencialidades oferecidas pelo ambiente para a aplicação da proposta de ensino. A ideia era que os alunos pudessem postar seus comentários e as atividades desenvolvidas durante as aulas presenciais, além das respostas e comentários a respeito do questionamento e discussões realizadas no decorrer das aulas.

²⁵ Este procedimento foi adotado pelo Programa ACESSA Escola para minimizar problemas com vírus, de acordo com o responsável pelo programa na Diretoria de Ensino de Guaratinguetá.

Entretanto, muitas vezes observou-se que eles apresentavam certa dificuldade com a dinâmica do ambiente. Mesmo recebendo as orientações para o uso das ferramentas do TelEduc, muitos alunos se confundiam ao utilizá-las e foram frequentes as perguntas sobre “como fazer” tanto no acesso aos textos na ferramenta *Leituras* como também nas postagens das atividades no *Portfólio* dos grupos. Quanto às postagens também foi comum o esquecimento de alguns detalhes exigidos pelo TelEduc, como a exigência de que o nome dos arquivos a serem postados não apresentasse determinados caracteres, como espaçamento, acento, etc. O reenvio de senhas para acesso do ambiente também foi necessário em alguns momentos.

Outra dificuldade também observada em alguns grupos foi a tentativa de manipulação dos OA na imagem apresentada pelos textos que traziam as orientações para a execução das atividades (Figura 4.3). Em alguns momentos foi necessário dar auxílio a alguns alunos porque, segundo os mesmos, a simulação não estava funcionando. Entretanto, durante a assistência a estes alunos percebia-se que, na verdade, não se tratava da simulação e sim da figura referente à mesma no TelEduc. Embora tenha sido algo isolado, observado apenas em dois grupos, considera-se tal fato importante de ser mencionado.

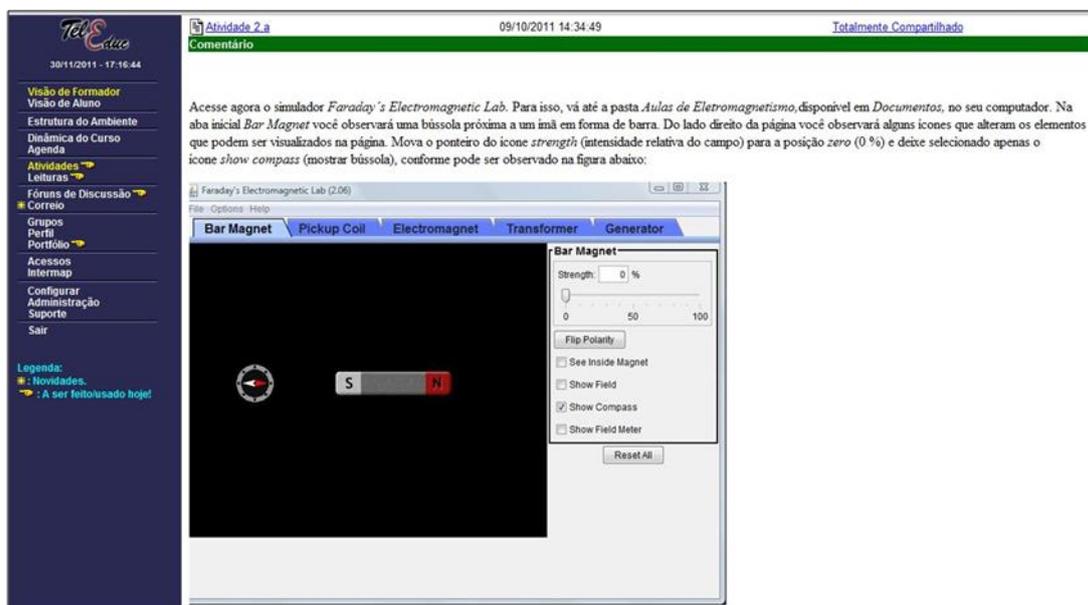


Figura 4. 3 – Orientações para realização das atividades no TelEduc: a imagem da simulação acabou gerando confusão em alguns alunos que a confundiram com a simulação real (programa).

As dificuldades aqui relatadas acabaram atrasando um pouco a realização das atividades, o que acabou interferindo quanto ao que se havia planejado para as aulas. A ideia de que uma discussão pudesse ser feita após o término das atividades pelos alunos em cada aula, onde as dúvidas surgidas pudessem ser compartilhadas e esclarecidas, acabou ficando comprometida pelo atraso nas atividades. Por isso, considerando a aprendizagem do aluno em relação ao conteúdo explorado e que o não esclarecimento das dúvidas acabaria prejudicando as próximas atividades, considerou-se importante uma parada nas atividades na sala de informática na aula seguinte para que a discussão a respeito de tais dúvidas e dos conceitos trabalhados pudesse ser realizada. Além disso, diante do acontecido, uma importante mudança quanto à dinâmica das aulas tornou-se necessária.

Diante das dificuldades surgidas em relação à utilização do AVA, optou-se por uma nova maneira de conduzir as atividades ao longo das aulas. Deste modo, as demais atividades foram desenvolvidas sem a utilização do TelEduc. As orientações e questionamentos referentes às atividades foram apresentados aos alunos por meio de fichas²⁶ (folhas impressas). Tais fichas permitiram que os alunos fizessem o registro de suas observações de forma mais organizada, sobretudo nas atividades referentes ao OA “Movimento de Cargas num Campo Magnético”. Além disso, as orientações com as atividades que deviam ser executadas e os questionamentos feitos foram distribuídos aos poucos, por meio de cada ficha, a fim de evitar uma divisão de tarefas entre os componentes do grupo, algo que comprometeria as atividades, uma vez que se considera o trabalho e as discussões em grupo como algo fundamental para a aprendizagem nas atividades propostas.

Tal preocupação já existia quando as atividades foram disponibilizadas aos alunos no ambiente virtual, porém compartilhar as atividades no TelEduc aos poucos no decorrer da aula constituiu uma tarefa um tanto quanto árdua. Outro aspecto também considerado penoso durante o uso do TelEduc foi o cuidado necessário para que o grupo não se distraísse com outros sites da internet, o que também comprometeria as atividades. A partir do momento que o seu uso não seria mais necessário, os

²⁶ As fichas encontram-se anexas a este trabalho.

computadores passaram a ser liberados sem que a conexão com a rede fosse estabelecida.

Mas, o aspecto mais positivo quanto à mudança realizada ocorreu na execução das atividades pelos alunos. Foi possível observar uma maior participação dos componentes do grupo durante a realização das mesmas. Embora alguns alunos ainda tivessem apresentado um envolvimento menor que outros colegas, constatou-se, de um modo geral, ele foi maior do que nas atividades anteriores. A nova organização exigida dos grupos durante as atividades pode ter contribuído para isso. Além do uso das fichas, cada grupo possuía um caderno de anotações. Deste modo, cada equipe deveria eleger um aluno responsável pelas anotações nas fichas e outro pelas anotações no caderno. O cuidado neste caso foi para evitar que um esperasse que outro fizesse as anotações para copiá-las, podendo assim ficar disperso tanto durante a observação das simulações realizadas como durante as discussões do grupo.

O tempo para execução das atividades propostas também foi mais demorado que o esperado nesse caso e as sequências de atividades previstas para determinadas aulas também tiveram que ser estendidas para outras, de modo que foram necessárias cerca de três aulas além do previsto para a conclusão das atividades, conforme o seu planejamento. Mas a grande diferença foi que o atraso aconteceu mais pelas discussões e dúvidas surgidas do que pelas distrações propriamente ditas. Em diversos momentos foi necessária a intervenção junto aos grupos para que a atividade pudesse se desenvolver e algumas dificuldades ainda persistiram, seja no manuseio da simulação ou no registro das conclusões e ideias em cada grupo. Além disso, em muitas aulas também não foi possível fazer uma discussão geral ao final das atividades. Nestas situações o que se fez foi iniciar a aula seguinte com tal discussão, procurando destacar os principais pontos da aula anterior.

Portanto, pela descrição do piloto aqui apresentada, é possível notar algumas mudanças não apenas relacionadas à visão do pesquisador quanto à coleta dos dados necessários a sua pesquisa, mas também à preocupação do professor quanto ao aprendizado de seus alunos a respeito do tema desenvolvido.

4.2.2. A Pesquisa

A turma da terceira série do Ensino Médio que participou da pesquisa possuía, inicialmente, 23 alunos (4 alunos mudaram de escola durante o período em que a pesquisa se desenvolveu). Trata-se da única turma de terceira série do Ensino Médio Regular na escola e a mesma funciona no período matutino. Com exceção de uma aluna, todos os demais já frequentavam esta escola nos anos anteriores.

De um modo geral, a turma costumava ser caracterizada pelos professores da escola como um pouco apática em relação às situações de aprendizagem propostas durante as aulas e alguns problemas de indisciplina eram verificados com certa frequência para determinado grupo de alunos. Havia ainda alguns casos de retenção nessa série ou em séries anteriores, além de outros que estavam com dependência em uma ou mais disciplinas²⁷. Apesar disso, existem alunos que também se destacam pela maior facilidade no entendimento do conteúdo estudado e pelo maior empenho em algumas aulas. Trata-se, portanto, de uma turma que, mesmo com uma quantidade menor de alunos, é bastante heterogênea.

O número reduzido de alunos facilitou a formação das equipes e o trabalho na sala de informática, uma vez que, ainda que na maioria das aulas fosse comum mais de uma máquina apresentar algum problema de funcionamento, os grupos constituídos apresentavam, no máximo, três alunos. Durante o período da pesquisa piloto, também devido a problemas com os computadores, foi necessário trabalhar com equipes de quatro e até cinco alunos, o que exigiu maior esforço e atenção do professor para que nenhum dos componentes dos grupos ficasse ocioso no decorrer das atividades.

Na seção a seguir são apresentados os instrumentos utilizados para a coleta de dados, durante a realização da pesquisa.

4.3. Coleta de Dados

A coleta de dados realizada neste trabalho foi feita por meio da observação e das anotações em campo, as quais foram realizadas a partir do caderno de campo do

²⁷ Quando a pesquisa foi realizada, a retenção do aluno acontecia quando o mesmo era reprovado em mais de três disciplinas. Se a reprovação ocorresse para um número de disciplinas inferior ou igual a três, o aluno poderia cursar a série seguinte pelo sistema de dependência, no qual frequentava todas as aulas normalmente e fazia trabalhos e avaliações referentes às disciplinas em que havia sido reprovado.

observador, de uma filmadora e de um gravador de áudio. Tais recursos facilitaram o registro das situações vivenciadas durante as aulas, principalmente no que diz respeito aos diálogos considerados importantes na investigação.

Além disso, os registros feitos pelos próprios alunos serviram como dados para a análise. Cada grupo de alunos recebeu um caderno para anotações referentes às atividades desenvolvidas durante as aulas. Também foram distribuídas fichas para cada atividade executada pelos alunos. Essas fichas traziam as orientações relativas à atividade que seria realizada e também questionamentos para serem discutidos entre os integrantes do grupo a respeito das observações e conclusões obtidas ao manipular o OA. Além das anotações no caderno do grupo, tais observações e conclusões deviam ser anotadas na própria ficha, no espaço destinado para isso.

Para Diehl e Tatim (2004), a observação constitui um importante método na pesquisa qualitativa e permite a evidência de dados não verificados com outros procedimentos como a entrevista ou questionário:

Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se deseja estudar. A observação ajuda o pesquisador a identificar e a obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento. (DIEHL; TATIM, 2004, p. 72)

De acordo com Gil (1999), a observação desempenha um papel fundamental para a pesquisa em todas as suas etapas, da formulação do problema à análise dos resultados, embora sua função se torne mais evidente durante a coleta de dados. O autor destaca ainda:

A observação apresenta como principal vantagem em relação a outras técnicas, a de que os fatos são percebidos diretamente, sem qualquer intermediação. Desse modo, a subjetividade, que permeia todo o processo de investigação social, tende a ser reduzida (GIL, 1999, p. 110).

Considerando também a classificação feita pelo autor, a partir do grau de participação do pesquisador que faz uso dessa técnica para a coleta de dados, pode-se afirmar que, no caso do presente estudo, trata-se da *observação participante*:

A observação participante, ou observação ativa, consiste na participação real do conhecimento na vida da comunidade, do grupo ou de uma situação determinada. Neste caso, o pesquisador assume, pelo menos até certo ponto, o papel de um membro do grupo. Daí porque se pode definir observação participante como técnica pela qual se chega ao conhecimento da vida de um grupo a partir do interior dele mesmo (GIL, 1999, p. 113).

Diante do fato de que o pesquisador e, portanto, responsável pela coleta de dados, também era o professor da turma na qual a pesquisa foi desenvolvida, fica evidente o uso da observação participante durante a fase de coleta de dados.

Quanto às anotações de campo, Triviños (2009) afirma que elas podem ser entendidas, num sentido restrito, como as observações e reflexões realizadas sobre expressões verbais e ações dos sujeitos, inicialmente pela descrição e, posteriormente, com os comentários críticos sobre as mesmas. Há, portanto, segundo o autor, duas categorias de anotações de campo durante a observação: as anotações descritivas e as anotações reflexivas.

No caso da descrição, a exatidão constitui “requisito essencial da pesquisa qualitativa, como primeiro passo para avançar na explicação e compreensão da totalidade do fenômeno em seu contexto, dinamismo e relações” (TRIVIÑOS, 2009, p. 155). Para o autor, cada comportamento, atitude, ideias e palavras, envolvem significados próprios dos sujeitos e do ambiente à qual pertencem.

Já as reflexões configuram-se como fator essencial e determinante para o desenvolvimento do processo de observação:

Cada fato, cada comportamento, cada atitude, cada diálogo que se observa pode sugerir uma ideia, uma nova hipótese, a perspectiva de buscas diferentes, a necessidade de reformular futuras indagações, de colocar em relevo outras, de insistir em algumas peculiaridades etc (TRIVIÑOS, 2009, p. 157).

As contribuições vão ainda mais além, sendo decisivas também para os procedimentos metodológicos adotados e o próprio referencial teórico utilizado:

Também o pesquisador faz anotações sobre questões metodológicas: os aspectos positivos que elas apresentam, as falhas que ressaltam no decorrer do estudo, a necessidade de corrigir algumas técnicas, de proceder de outra maneira, de levantar interrogativas sobre o uso de determinados instrumentos etc. Não se perde a oportunidade, se surgir, de fazer observações sobre o referencial teórico, se é necessário aprofundar alguns aspectos da teoria, se esta é refutada pela prática, se pode surgir um novo conjunto de ideias que podem explicar as características da situação que está em análise etc (TRIVIÑOS, 2009, p. 157).

Essa necessidade de mudanças durante a coleta de dados, discutida pelo autor, pode ser constatada na realização da pesquisa piloto, quando tornou-se necessário modificar a forma como eram apresentadas aos alunos as atividades a serem realizadas

durantes as aulas, resultando na substituição do uso do TelEduc pela adoção das fichas de atividades.

Além dos instrumentos de coleta de dados anteriormente mencionados, ao longo do desenvolvimento da pesquisa também foi utilizado um questionário para investigar a opinião dos alunos a respeito das aulas na sala de informática. As informações obtidas por este questionário (ver Apêndice E) também são consideradas na análise realizada. Antes de realizar algumas considerações a respeito da análise dos dados, a descrição sobre a forma como os dados foram organizados é feita a seguir.

4.3.1. Organização dos Dados

Considerando a quantidade de dados gerados a partir dos diferentes instrumentos de coleta utilizados, a organização dos mesmos foi feita a partir das sequências de atividades aplicadas e da separação destas conforme os grupos que as realizaram.

A separação dos 23 alunos, feita inicialmente, resultou na formação de 10 equipes, conforme o número de computadores da sala de informática. Buscando uma melhor interação entre os alunos durante a realização das atividades, a afinidade entre eles foi considerada, de modo que os mesmos tiveram a liberdade de se organizar para a formação de cada grupo. A maioria dos grupos apresentava, inicialmente, dois ou três alunos, havendo apenas um grupo com apenas uma componente. Embora a aluna tivesse sido orientada sobre importância da interação entre os alunos durante as atividades, a decisão da mesma em continuar sozinha foi respeitada. Além disso, algumas mudanças durante as aulas tornaram-se necessárias por conta das faltas de alguns alunos e também de algumas transferências ocorridas.

Para a apresentação dos dados, as identidades dos estudantes foram preservadas, de modo que cada um será identificado a partir dos termos *Aluno A₁*, *Aluno A₂*, ..., *Aluno A_n*. Além disso, os responsáveis pelos alunos assinaram um termo de autorização das filmagens (Apêndice A) e de utilização das mesmas, assim como do registro feito por eles, na realização deste trabalho.

4.4. Análise de Dados

De acordo com Gil (1999), a fase de análise, iniciada após a realização da coleta de dados, envolve dois processos que estão sempre estreitamente relacionados, embora sejam conceitualmente distintos:

A análise tem como objetivos organizar e resumir os dados de forma tal que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Já a interpretação tem como objetivo a procura do sentido mais amplo das respostas, o que é feito mediante sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos (GIL, 1999, p. 168).

Ainda de acordo com o autor, é difícil determinar onde a análise termina e a interpretação se inicia e também acrescenta:

Alguns autores ressaltam que na análise o pesquisador prende-se unicamente aos dados, ao passo que, na interpretação, procura um sentido mais amplo para os dados, por meio de sua ligação com outros conhecimentos já obtidos. Também há quem compare a análise com a atividade artesanal e a interpretação com a atividade artística. Embora não sendo essas definições totalmente adequadas, deixam claro que a análise da pesquisa pode ser feita mediante determinadas regras, ao passo que a interpretação não está submetida a qualquer cânone (GIL, 1999, p. 185).

A análise de dados na pesquisa qualitativa, conforme destaca Alves (1991), é um processo complexo e não linear, resultando em uma trabalhosa tarefa de redução, organização e interpretação dos dados. Tal processo, segundo a autora, se inicia já na fase exploratória da pesquisa e acompanha toda a investigação realizada.

Pesquisas qualitativas tipicamente geram um enorme volume de dados que precisam ser organizados e compreendidos. Isso se faz através de um processo continuado em que se procura identificar dimensões, categorias, tendências, padrões, relações, desvendando-lhes o significado (ALVES, 1991, p. 60).

Os procedimentos de coleta utilizados durante a investigação realizada resultaram, de fato, numa série de dados. A codificação desses dados, uma das possíveis etapas durante a análise e interpretação, segundo Gil (1999), ocorreu no caso deste trabalho apenas quanto à forma de identificação dos alunos, a qual foi feita principalmente para preservar a identidade original dos mesmos, conforme já mencionado na seção anterior. Nas transcrições realizadas a partir dos instrumentos utilizados na coleta dos dados, além da identificação dos alunos (*Aluno A₁, Aluno A₂, ..., Aluno A_n*), também são identificados os grupos dos quais os alunos faziam parte (*Grupo 01, Grupo 02, ..., Grupo 10*).

Foi realizada a transcrição de todas as fichas de atividades preenchidas pelos alunos, mas não houve necessidade de transcrever as anotações feitas nos cadernos de cada grupo, uma vez que não foi observada ali nenhuma informação além daquelas já registradas nas fichas. No caso das filmagens, foram transcritas apenas aquelas situações consideradas mais significativas para a análise de dados, tendo por base principalmente as anotações realizadas no caderno de campo do professor-pesquisador. De modo geral, tais situações envolvem as discussões que se desenvolveram ao longo as aulas entre os integrantes de alguns grupos e, principalmente, entre os alunos e o professor. Já o conteúdo obtido pelo gravador de áudio constituiu um apoio às filmagens, sendo utilizado apenas nos momentos em que não foi possível compreender os diálogos envolvidos nas situações assistidas.

A análise e a interpretação dos dados obtidos foram efetuadas a partir da triangulação, uma estratégia de análise apontada por alguns autores como sendo de grande valia para a pesquisa qualitativa por oferecer maior rigor e credibilidade em investigações dessa natureza (MOREIRA, 2002; TRIVIÑOS, 2009).

Levando em conta os tipos possíveis de triangulação, conforme aponta Denzin (1988, apud MOREIRA, 2002), a análise dos dados obtidos foi realizada sob a perspectiva da análise metodológica, na medida em que foram coletados dados a partir de diferentes procedimentos: observação, anotações em campo (caderno, filmadora, gravador de áudio) e material produzido pelos alunos (caderno de anotações e fichas preenchidas). Para tal análise, diante do volume de informações obtidas e sua conseqüente necessidade de redução, foram consideradas apenas aquelas de maior relevância para o estudo em torno dos objetivos deste trabalho. Deste modo, conforme será discutido no Capítulo 5, foram consideradas apenas as seqüências de atividades que envolveram a utilização do OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético*.

Durante o processo de análise dados foi possível verificar, principalmente, dois temas convergentes: *visualização* e *ensino de Física e a Matemática*. Outros temas também foram observados, mas, novamente considerando as limitações e possibilidades envolvidas em toda pesquisa, foi necessário optar por aqueles temas que mais se destacaram no conjunto de dados coletados.

Cabe destacar também que, embora o foco da pesquisa fosse as contribuições e as potencialidades dos OA para o ensino de conceitos sobre Eletromagnetismo, alguns elementos relacionados à aprendizagem também puderam ser observados nos dados obtidos. Uma discussão a respeito dos significados para os termos *ensino* e *aprendizagem* e as possíveis inter-relações que envolvem, ainda que relevante, parece fugir do escopo deste trabalho. Entretanto, considera-se a aprendizagem um dos objetivos do ensino, independente do fato da mesma ser ou não alcançada. Sendo assim, possíveis contribuições do uso de OA para o aprendizado dos conceitos estudados não podiam ser descartadas e, deste modo, também são consideradas na análise e interpretação dos resultados.

Finalizando este capítulo, a seguir são apresentadas as atividades elaboradas para a coleta de dados a partir das fichas preenchidas pelos alunos.

4.5. As Atividades desenvolvidas

A escolha dos OA utilizados durante a realização das atividades pelos alunos foi feita após a busca em alguns repositórios disponíveis na *web* sobre OA relacionados ao tema Eletromagnetismo, durante a fase inicial de elaboração do plano de pesquisa desta dissertação.

No acesso ao Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem²⁸, disponibilizado pelo MEC, foi possível tomar conhecimento a respeito dos metadados dos OA *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday* e *Movimento de Cargas num Campo Magnético*. A partir do direcionamento aos repositórios de origem dos mesmos, foi possível verificar que estes estavam de acordo com os propósitos do trabalho a ser realizado. Conforme já relatado neste capítulo, para facilitar o acesso dos alunos a esses OA, optou-se pelo uso de CD-ROMs entregues aos grupos no início de cada aula.

As atividades desenvolvidas para a utilização dos OA mencionados possuem natureza investigativa. A partir das possibilidades de manipulação oferecidas por cada OA, foram elaboradas situações que pudessem favorecer o estudo dos conceitos eletromagnéticos envolvidos com base nas discussões e reflexões a respeito das observações realizadas ao longo das atividades. Deste modo, as sequências de

²⁸ <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2012

atividades buscaram estimular os estudantes quanto à argumentação e também à elaboração de hipóteses a respeito do fenômeno explorado a partir dos OA.

Nesse sentido, houve a preocupação para que as fichas de atividades não constituíssem mais um roteiro de atividades fechado, cuja principal característica são as instruções de uma série de procedimentos destinados à verificação de determinados conceitos ensinados durante as aulas expositivas, como acontece algumas vezes em atividades experimentais durante as aulas de Ciências (BORGES, 2002; ARAÚJO; ABIB, 2003). Ainda que as fichas apresentassem instruções para a realização das atividades para que se pudesse estabelecer o encaminhamento e o direcionamento necessários, conforme os objetivos estabelecidos, os alunos puderam manipular livremente as simulações realizadas, inclusive no que diz respeito à manipulação de alguns parâmetros no OA.

Cabe ressaltar também que a realização da pesquisa só foi possível diante da natureza das atividades. O caráter investigativo das mesmas permitiu que a exploração das diversas possibilidades oferecidas por um OA e análise de como tais possibilidades contribuem para o ensino de conceitos físicos. Além disso, tais atividades resultaram em um Produto Educacional intitulado *Eletromagnetismo no Ensino Médio: Propostas de Atividades usando Objetos de Aprendizagem*, disponível em CD-ROM (Apêndice F), o qual acredita-se ser de grande valia para auxiliar o trabalho do Professor de Física durante as aulas de Eletromagnetismo.

4.5.1. As atividades com o uso do OA Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday: investigações iniciais a respeito dos fenômenos eletromagnéticos

O OA *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday*²⁹ foi desenvolvido pela Universidade do Colorado e está disponível para download no repositório da universidade, o PhET (Physics Education Technology). A Figura 4.4 apresenta a tela principal desse OA, com a identificação de suas características.

²⁹ <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faraday> (Versão em português). Acesso em: 15 mar. 2012

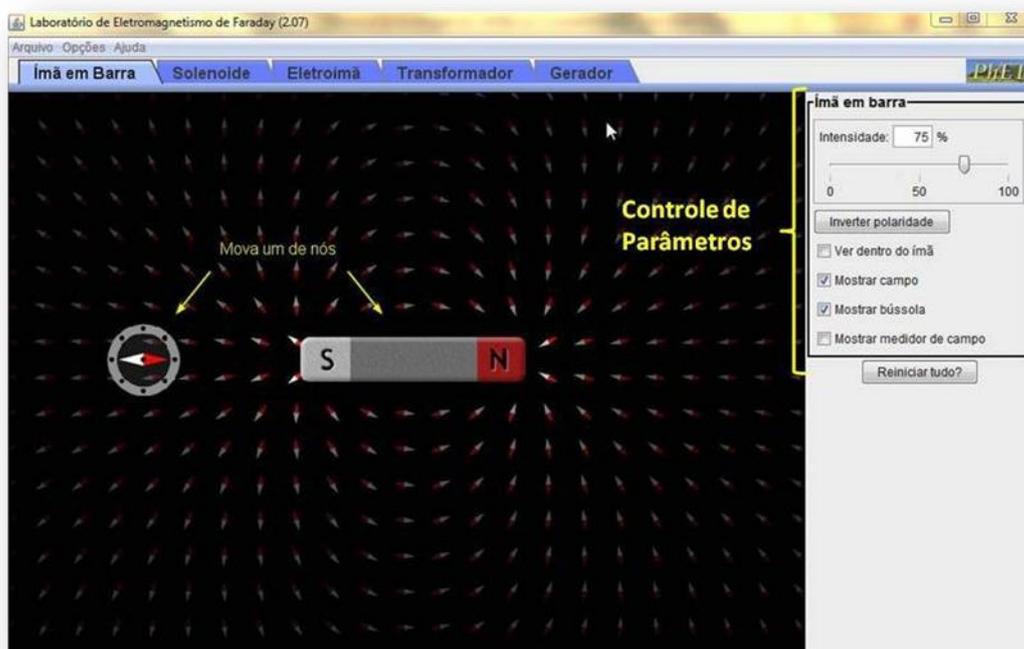


Figura 4. 4 – Tela principal do OA *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday*: Simulação *Ímã em Barra*.

Para dar início às atividades, alguns questionamentos (Apêndice D – Ficha de atividades 01) foram feitos aos alunos, a fim de investigar as concepções trazidas por eles a respeito do uso da bússola e seu funcionamento. Em seguida, utilizando o OA, cada grupo pode perceber a interferência de um ímã na direção adquirida pela agulha da bússola e, a partir da observação, levantar algumas hipóteses a respeito (Apêndice D – Ficha de atividades 02). A possibilidade de variação da intensidade do campo magnético gerado pelo ímã tornou mais fácil tal observação. Após as verificações iniciais a respeito do magnetismo, os alunos foram orientados a fazer a leitura de um texto (Apêndice B) e a assistir a um vídeo³⁰, os quais traziam algumas informações iniciais a respeito dos fenômenos magnéticos. Em seguida, foi realizada uma discussão geral em sala a respeito do tema.

Posteriormente, duas novas atividades foram realizadas, tendo por objetivo fornecer elementos para a discussão dos conceitos de campo magnético e das linhas de campo (Apêndice D – Fichas de atividades 03 e 04). Após executarem estas atividades,

³⁰ <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/15755>>. Acesso em: 25 jul. 2011.

os alunos foram orientados a fazer a leitura de outro texto (Apêndice C), o qual abordava tais conceitos, e, em seguida, uma nova discussão foi realizada em sala.

O Quadro 4.1 apresenta as atividades realizadas com o OA *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday* e seus respectivos objetivos.

Quadro 4.1 – Atividades realizadas com a utilização do OA *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday*: investigações iniciais.

Ficha	Atividade	Objetivo
01	Questões iniciais	Investigar as concepções iniciais dos alunos a respeito do magnetismo.
02	Interações entre Ímãs e Bússolas	Verificar a interferência de um ímã na posição da agulha da bússola
-	Leitura do texto “ <i>Ímãs e Interações</i> ”	Discutir os conceitos iniciais a respeito do magnetismo.
03	As linhas de campo	Desenvolver a ideia de campo magnético e sua representação por linhas de campo.
04	A intensidade do campo magnético	Entender a ideia de campo enquanto mediador das interações magnéticas.
-	Leitura do texto “ <i>Campo Magnético</i> ”	Discutir os principais conceitos sobre campo magnético.

Esta sequência inicial de atividades possibilitou o estudo dos conceitos iniciais a respeito de fenômenos relacionados ao Eletromagnetismo. O OA utilizado permite também a exploração de outros conceitos a partir da visualização das demais janelas, nas quais podem ser observadas simulações relacionadas ao funcionamento de alguns dispositivos: solenoide, eletroímã, transformador e gerador.

Conforme será descrito na seção 4.5.2, as simulações *Solenoide e Eletroímã* do OA serão exploradas na sequência de atividades finais do estudo realizado. Mas antes, na seção seguinte, será apresentada a sequência de atividades utilizada para o estudo dos conceitos relacionados à expressão da Força de Lorentz bem como o OA do qual se fez uso durante o desenvolvimento da mesma.

4.5.2. As atividades com o uso do OA Movimentos de Cargas num Campo Magnético

O OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético*³¹ encontra-se disponível no Portal de Ensino de Ciências da USP, chamado Ciência à Mão. Trata-se de uma simulação computacional que permite investigar o comportamento de uma carga elétrica em movimento no interior de uma região de campo magnético que atua perpendicularmente à direção da trajetória da partícula em movimento. Na Figura 4.5 é possível observar a tela deste OA com a identificação dos parâmetros por ele apresentados.

A partir do OA é possível simular a situação na qual um lançador dispara partículas carregadas para acertar um alvo, passando por uma região de campo magnético. Ao acessar o OA, a página inicial apresenta uma descrição a seu respeito e algumas instruções para a sua utilização. Os botões apresentados na simulação permitem que diversos parâmetros possam ser alterados ao se fazer o lançamento: ângulo de lançamento, valor da velocidade e massa da partícula, valor e sinal da carga elétrica da partícula, valor e sentido do campo magnético. Além disso, também é possível alterar o tamanho do alvo ou mesmo ocultá-lo durante o lançamento. Para a partícula em movimento, além da visualização da trajetória, também é possível verificar o valor do raio da trajetória circular bem como o período e a frequência do movimento circular uniforme descrito pela partícula.

³¹ <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=tex&cod=_movimentodecargasnumcamp>. Acesso em: 15 mar. 2012

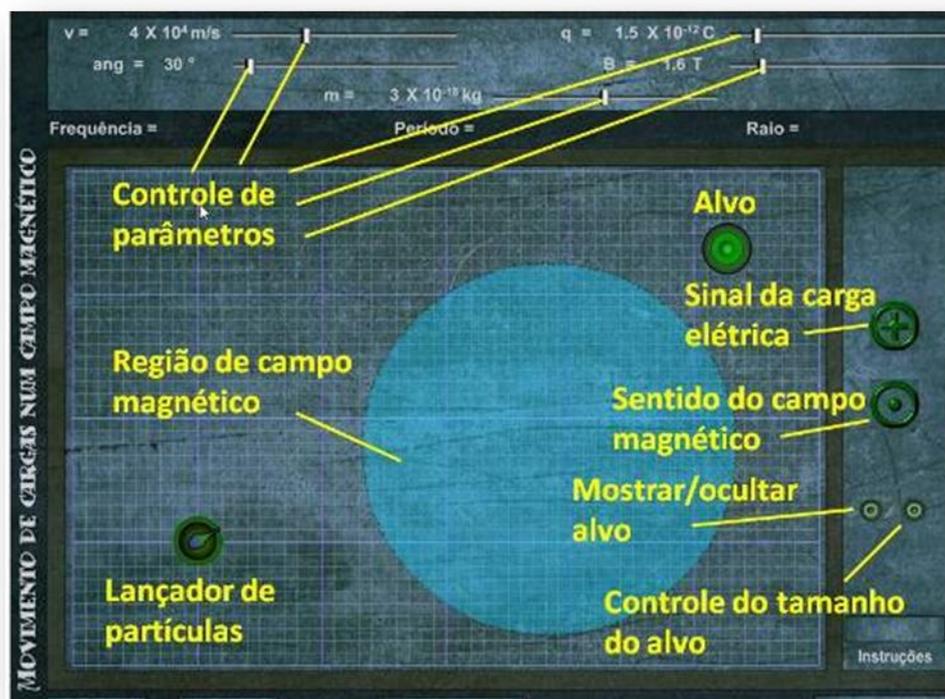


Figura 4. 5 - OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético*.

O objetivo da primeira atividade (Apêndice D – Ficha de atividades 05) proposta com o uso desse OA foi que os alunos pudessem observar que a presença do campo magnético provoca alterações no movimento de uma partícula com carga elétrica. Para isso, foram desafiados a fazer o lançamento de uma partícula para atingir o alvo apresentado na simulação.

Para evidenciar as diferenças nas trajetórias para a partícula lançada, nas atividades seguintes (Apêndice D – Fichas de atividades 06 e 07) foram propostas duas novas situações, nas quais os alunos observaram com maior atenção o trajeto da partícula em movimento. Na primeira delas, os lançamentos deveriam ser feitos sem que a partícula passasse pela região de campo magnético. Para isso o ângulo do lançador foi ajustado para um valor em torno de 90° e os valores da carga da partícula foram ajustados para $1 \times 10^{-5} \text{ C}$ (valor mínimo proporcionado pela simulação) e $5 \times 10^{-5} \text{ C}$ (valor máximo). Já na segunda situação o lançador deveria ser colocado no interior da região de campo magnético, em uma posição próxima ao centro, com o seu ângulo ainda ajustado em 90° . Dois novos lançamentos foram realizados, considerando novamente os valores mínimo e máximo para a carga elétrica.

Após notarem a diferença entre as trajetórias nas duas regiões e registrarem suas conclusões gerais a respeito (Apêndice D – Ficha de atividades 08), as próximas atividades trouxeram novas situações para que os estudantes notassem de que maneira as características da partícula lançada e do campo magnético influenciavam na trajetória circular observada.

A primeira comparação proposta neste sentido diz respeito à natureza da carga elétrica da partícula (Apêndice D – Ficha de atividades 09). Assim, as equipes foram orientadas a fazer dois lançamentos nas mesmas condições, exceto pelo sinal da carga elétrica lançada. Após essa comparação entre os lançamentos de cargas de sinais diferentes, foram propostos dois novos lançamentos onde o único parâmetro alterado deveria ser o sentido de atuação do campo magnético (Apêndice D – Ficha de atividades 10). Deste modo, foi feito o lançamento de uma carga negativa considerando o campo magnético saindo do plano e, em seguida, foi realizado um outro lançamento, porém invertendo o sentido do campo magnético .

Na próxima sequência, os alunos realizaram quatro atividades nas quais puderam observar a influência dos seguintes parâmetros na trajetória da partícula em movimento: valor da velocidade, da carga, da massa e da intensidade do campo magnético. Em cada atividade, os alunos realizaram cinco lançamentos variando sempre o mesmo parâmetro entre o valor mínimo e o valor máximo possibilitado pela simulação, enquanto os demais permaneciam constantes (Apêndice D – Fichas de atividades 11 a 14).

Após uma discussão geral em sala de aula a respeito das atividades realizadas, algumas questões foram apresentadas aos alunos (Apêndice D – Fichas de atividades 15 e 16). A primeira questão teve como objetivo verificar se estava clara para os alunos a dependência do raio da trajetória da partícula em movimento em função dos parâmetros analisados. Já na segunda questão, os alunos foram levados a refletir sobre como seria a dependência em relação a esses parâmetros para a força que passava a atuar na partícula em movimento quando a mesma penetrava na região de campo magnético. Para isso, tornou-se necessário recordar os conceitos relacionados à força centrípeta, estudados pelos alunos em anos anteriores.

As hipóteses levantadas e as conclusões obtidas pelos alunos nesta última sequência de atividades serviram de elementos para o estudo da equação da Força de Lorentz e os conceitos a ela envolvidos. Após esse estudo, os alunos realizaram alguns exercícios que exploraram os principais pontos estudados durante as atividades realizadas (Apêndice D – Fichas de atividades 17 a 20).

As atividades desenvolvidas com a utilização do OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético* são apresentadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Atividades realizadas com a utilização do OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético*.

Ficha	Atividade	Objetivo
06	Lançamentos de uma partícula para acertar o alvo	Perceber que a trajetória da partícula carregada em movimento é alterada ao passar por uma região de campo magnético atuando perpendicularmente à direção do movimento.
07	Deslocamento da partícula fora da região de Campo Magnético	Observar que a trajetória da partícula fora da região de campo magnético é sempre retilínea, mesmo alterando o valor de sua carga elétrica.
08	Deslocamento da partícula no interior do Campo Magnético	Perceber a trajetória circular da partícula no interior da região de Campo Magnético.
09	Conclusões	Escrever as conclusões iniciais a respeito do efeito do campo magnético sobre a partícula em movimento.
10	Influência da natureza da carga elétrica	Perceber como o sinal da carga elétrica determina a sua trajetória na região de campo.
11	Influência do sentido de atuação do Campo Magnético	Observar como o sentido do campo magnético influencia a trajetória da partícula.
12	Influência da velocidade da partícula no raio da trajetória circular	Observar a dependência do raio da trajetória com o valor da velocidade da partícula em movimento.
13	Influência da carga elétrica da partícula no raio da trajetória circular	Verificar a dependência do raio da trajetória com o valor da carga da partícula em movimento.
14	Influência da intensidade do Campo Magnético no raio da trajetória circular	Observar a dependência do raio da trajetória com a intensidade do campo.

15	Influência da massa da partícula no raio da trajetória circular	Verificar a dependência do raio da trajetória com o valor da massa da partícula em movimento.
16	Questão 1	Organizar as conclusões obtidas a respeito dos parâmetros que influenciam a trajetória da partícula, conforme as quatro últimas atividades realizadas.
17	Questão 2	Estabelecer a relação entre a força magnética e os parâmetros que influenciam a trajetória da partícula, a partir da comparação com a expressão da força centrípeta.
16	Exercício 1	Identificar, em uma região de campo magnético, as trajetórias de um feixe de próton, um feixe de nêutrons e um feixe de elétrons, considerando o valor das massas de repouso e de suas cargas elétricas.
17	Exercício 2	Identificar, em uma região de campo magnético, a possível trajetória de um pósitron, conhecida a trajetória de um elétron nesta mesma região.
18	Exercício 3a	Escrever a expressão matemática que relaciona o raio da trajetória circular com a massa da partícula, a velocidade, o valor da carga e a intensidade do campo magnético.
19	Exercício 3b	Calcular o raio da trajetória de uma partícula, sendo conhecidos os valores de sua massa, carga elétrica, velocidade e a intensidade do campo magnético.
20	Exercício 3c	Utilizar os parâmetros do exercício 3b no OA e comparar o valor do raio fornecido na simulação com o valor calculado no exercício.

A sequência de atividades com o OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético* constituiu a mais extensa das sequências desenvolvidas ao longo das aulas e, portanto, os alunos passaram mais tempo interagindo com este OA. Conforme é abordado no Capítulo 5, optou-se pelos dados obtidos nesta sequência para a análise realizada no trabalho aqui descrito.

Na próxima seção são apresentadas as atividades finais realizadas pelos alunos, fazendo uso novamente do OA *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday*.

4.5.3. As atividades com o uso do OA Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday: campo magnético gerado por cargas em movimento e a corrente induzida

A simulação *Eletroímã* apresentada pelo OA (Figura 4.6) possibilitou o desenvolvimento de atividades para o estudo dos conceitos relacionados à experiência de Oersted. Esta simulação apresenta um circuito elétrico constituído por um conjunto de espiras ligado a uma fonte de tensão, a qual poderá ser contínua ou alternada, conforme a seleção feita pelo usuário, e também uma bússola.

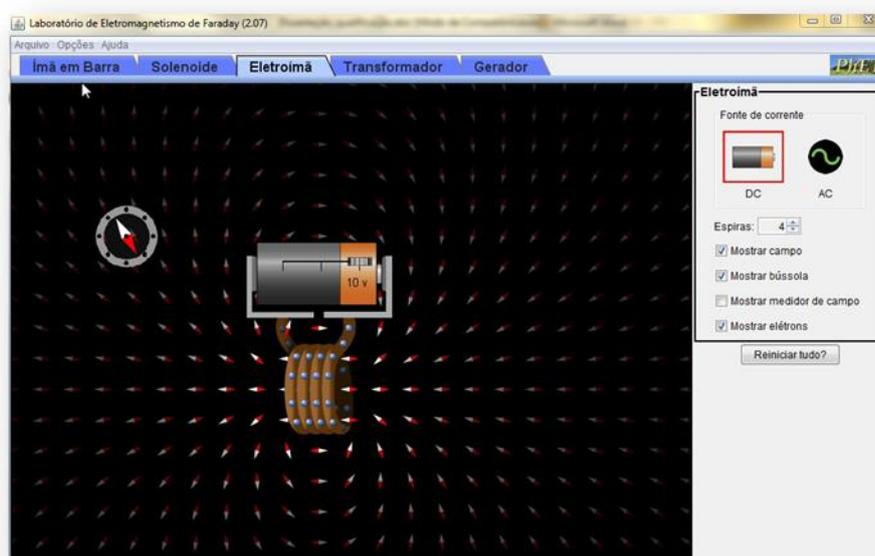


Figura 4. 6 - Simulação *Eletroímã*.

Nas atividades desenvolvidas (Apêndice D – Fichas de atividades 21 e 22), os alunos puderam perceber a geração de campo magnético por cargas elétricas em movimento, a partir da observação da mudança na direção da agulha da bússola quando colocada em diferentes posições ao redor do eletroímã. Durante a manipulação da simulação, os alunos foram orientados a fazer algumas comparações anulando a voltagem da fonte de tensão e invertendo a polaridade da mesma.

Já a simulação *Solenóide* (Figura 4.7) permitiu o desenvolvimento de atividades para o estudo do fenômeno da indução eletromagnética. A partir do deslocamento de um ímã em barra no interior do solenoide é possível verificar a indução de corrente elétrica nas espiras, seja pela luz emitida pela lâmpada associada ao

circuito ou pelo deslocamento do ponteiro de um voltímetro, conforme a seleção realizada ao manipular a simulação. Outros parâmetros também podem ser alterados, como a intensidade relativa do campo magnético do ímã, a quantidade de espiras que formam o solenoide e a sua área.

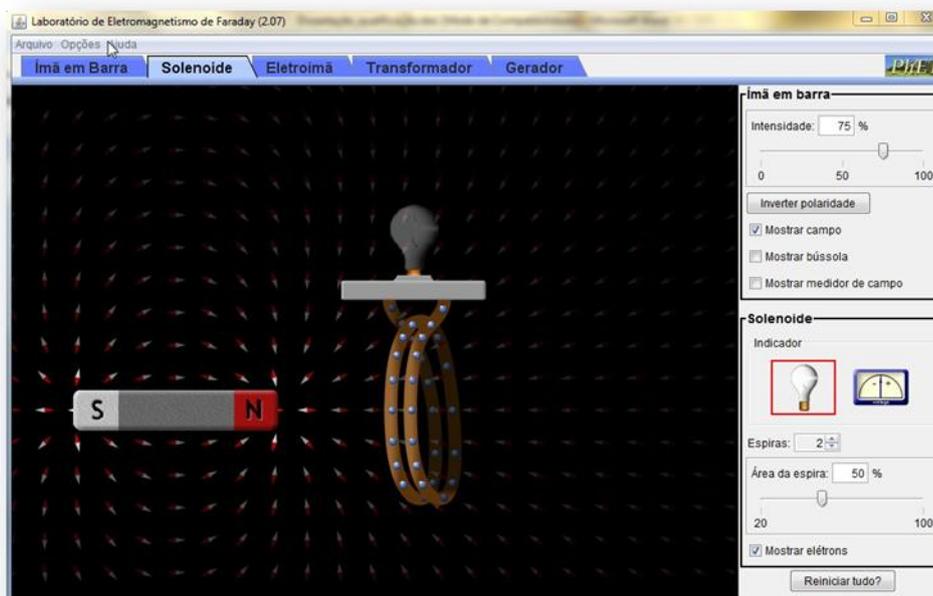


Figura 4. 7 - Simulação *Solenóide*.

Nas atividades realizadas (Apêndice D – Fichas de atividades 23 a 25), os alunos puderam refletir sobre a necessidade da variação do campo magnético para a formação de corrente induzida no solenoide. Além disso, também observaram como a quantidade de espiras e o valor de sua área influenciam quanto a corrente ali induzida.

O Quadro 4.3 apresenta as atividades realizadas com a utilização das simulações descritas anteriormente.

Quadro 4.3– Atividades realizadas com a utilização do OA *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday*: campo magnético gerado por cargas em movimento e corrente induzida.

Ficha	Atividade	Objetivo
21	Campo magnético gerado por correntes elétricas	Observar a mudança na direção da agulha de uma bússola quando colocada próxima a um circuito percorrido por corrente elétrica.

22	Campo magnético gerado por correntes elétricas: conclusões	Escrever as conclusões iniciais sobre a geração de campo magnético por cargas elétricas em movimento.
23	Corrente elétrica induzida	Observar a formação de corrente induzida quando um ímã atravessa as espiras de um solenoide.
24	Fatores que determinam a intensidade da corrente elétrica induzida	Verificar como a mudança de algumas características, como a intensidade relativa do campo magnético do ímã, a quantidade de espiras e a área das mesmas, influencia na corrente elétrica induzida.
25	Conclusões	Descrever como é possível gerar corrente elétrica em uma espira a partir de campo magnético.

Com a descrição dos OA utilizados e das atividades realizadas durante a pesquisa desenvolvida, encerra-se este capítulo. No capítulo seguinte são apresentados os dados obtidos durante a etapa de coleta e também a sua análise, considerando os fundamentos teóricos que nortearam o estudo realizado.

CAPÍTULO 5

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A organização dos dados coletados ao longo das sequências de atividades desenvolvidas resultou nos seguintes temas para análise: *visualização e ensino de Física e a Matemática*. Como foi descrito anteriormente no Capítulo 4, a triangulação dos dados tornou-se necessária, considerando o volume de informações levantadas a partir de diferentes procedimentos metodológicos: observação, anotações em campo, filmagem, gravações em áudio e material produzido pelos alunos. Além disso, conforme também já discutido no capítulo anterior, a natureza investigativa das atividades contribuiu para o desenvolvimento da pesquisa de acordo com os objetivos definidos para a sua realização.

Considerando ainda a quantidade de dados obtidos, optou-se pela análise apenas das atividades que fizeram uso do OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético*. Tal escolha se deve ao fato de que a sequência de atividades em questão foi mais extensa que as demais e, portanto, na maior parte das aulas destinada à pesquisa realizada, os alunos interagiram com o referido OA.

Os principais dados obtidos, conforme o tema resultante após sua organização, são apresentados ao longo deste capítulo. Também são realizadas a análise e a discussão dos mesmos, considerando tais temas que emergiram e com base nas principais ideias que constituem os aportes teóricos deste trabalho.

Para isto, é retomada também a questão norteadora apresentada no Capítulo 1: *Como os objetos de aprendizagem podem contribuir para o ensino de conceitos de Eletromagnetismo no Ensino Médio?* Os dois temas aqui discutidos trazem alguns indícios de possíveis contribuições, conforme pode ser verificado nas seções seguintes.

5.1. Visualização

A escolha desse tema foi feita considerando a visualização do fenômeno físico durante a simulação proporcionada pelo OA. No caso das simulações realizadas ao longo das atividades propostas, a visualização refere-se ao fato do estudante observar a

trajetória de uma partícula com carga elétrica em movimento no interior de uma região de campo magnético e fora dela.

Conforme foi discutido no Capítulo 3, as simulações constituem um tipo de representação que auxilia o ensino e a aprendizagem de diversos conceitos e temas durante as aulas de Física e de Ciências, de modo geral. Durante a realização das sequências de atividades, tal fato pode ser constatado. De acordo com as considerações feitas por Gilbert (2005; 2008) a respeito das visualizações externas, o estudo dos conceitos com uso dos OA, desenvolvido neste trabalho, envolve representações a partir do modo visual e no nível sub-microscópico.

A visualização proporcionada pelas simulações auxiliaram os estudantes a pensar a partir do visual (UTTAL; O' DOHERTY, 2008), e não a partir do simbólico e do abstrato, como é comum acontecer durante as aulas de Física, em especial, durante a abordagem do tema Eletromagnetismo (PAZ, 2007; PEREIRA, 2011).

O pensar a partir do visual pode ser verificado no registro dos alunos ao longo das atividades nas quais interagiram com o OA *“Movimentos de cargas num campo magnético”*. Isto pode ser percebido já nas atividades iniciais, quando os alunos começam a observar que a partícula muda sua trajetória retilínea, ao passar pela região onde atua um campo magnético perpendicular ao seu movimento.

A primeira simulação proposta possibilitou aos alunos a observação de que um campo magnético altera a trajetória de uma partícula eletricamente carregada em movimento numa direção perpendicular à direção de atuação deste campo. Salvo algumas exceções, a maioria dos grupos relatou³² a observação de tal mudança na trajetória da partícula, ao registrar as dificuldades encontradas durante a atividade em que foram desafiados a fazer o lançamento de uma partícula para atingir o alvo na simulação:

As primeiras tentativas foram frustradas, mas, ao ângulo de 44° foi possível acertar o alvo. Não contava com o desvio e achava que o movimento da partícula era em linha reta (Aluna A₅, Grupo 03).

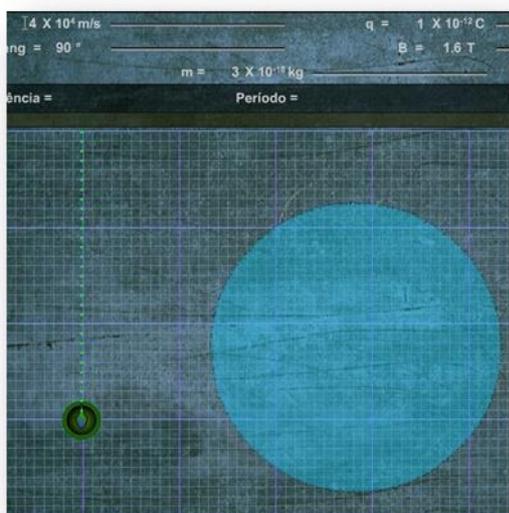
A trajetória da partícula muda ao entrar no círculo azul, quando a partícula é lançada antes do campo magnético, a trajetória da partícula segue reta (Alunos A₈ e A₁₀, Grupo 04).

³² Os textos aqui apresentados a respeito dos relatos dos alunos são fiéis aos originais, obtidos nas fichas. Sendo assim, eventuais erros de português são transcritos sem correção.

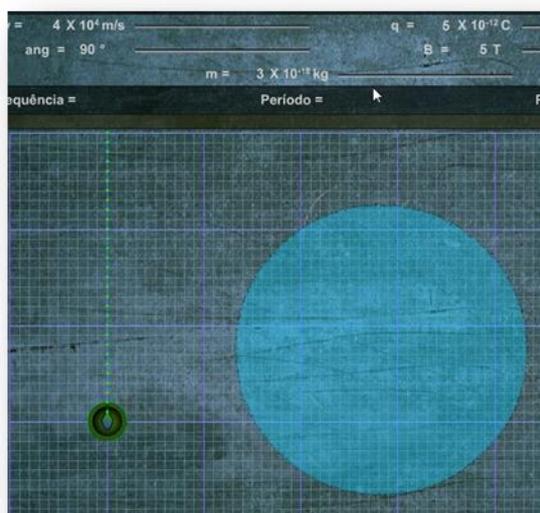
Acertamos o alvo após algumas tentativas, pois não esperávamos que o campo interferisse no percurso da partícula lançada ao alvo. A partícula, ao ser lançada, percorre um caminho em linha reta antes de passar pelo campo magnético, ao passar por ele sua direção muda de uma linha reta para uma linha curva (Alunos A_{16} , A_{17} e A_{18} , Grupo 07).

Nas atividades realizadas em seguida, as simulações (Figura 5.1) permitiram visualizar com maior atenção a diferença na trajetória da partícula em movimento fora da região de campo magnético e em seu interior.

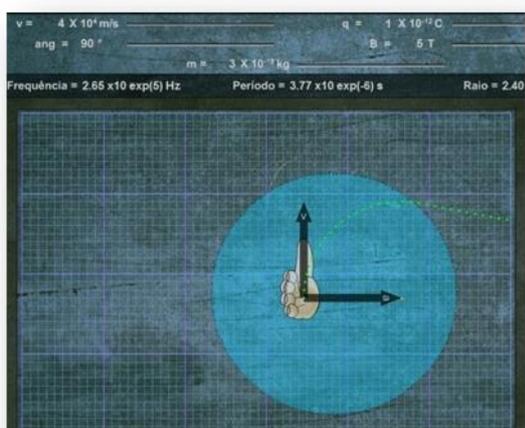
a)



b)



c)



d)

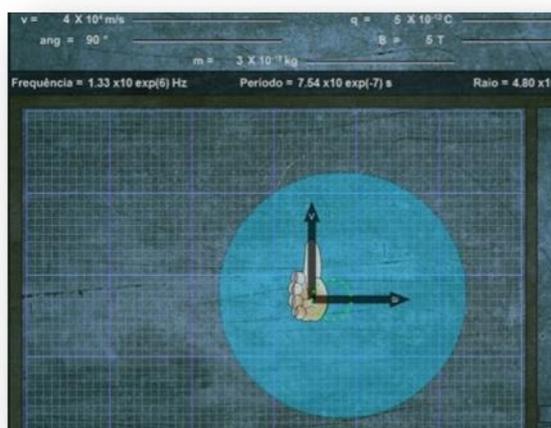


Figura 5. 1 - Trajetórias da partícula: para lançamentos fora da região de campo magnético (a e b) e em seu interior (c e d).

Após constatarem, a partir da visualização na simulação, que o movimento da partícula fora da região de campo magnético é sempre retilíneo, independente do valor

da carga elétrica, os alunos puderam perceber melhor a trajetória curvilínea descrita pela partícula na região de campo magnético, conforme pode ser verificado nas respostas abaixo:

Ambos os lançamentos foram para cima. Os lançamentos foram em linha reta independente do valor da carga elétrica (Aluna A₅, Grupo 03).

Quando a partícula é lançada fora do campo sua trajetória é reta e a mudança de carga não altera nada (Alunos A₁₆, A₁₇ e A₁₈, Grupo 07).

No primeiro segue-se em direção reta. No segundo também segue em linha reta (Alunas A₁₄ e A₁₉, Grupo 10).

Entretanto, de acordo com algumas respostas apresentadas, ainda que alguns alunos tenham relatado a trajetória curvilínea para o lançamento da partícula de menor carga elétrica, o fato de que tratava-se de uma trajetória circular ficou evidente para os alunos apenas no lançamento da partícula de maior carga:

A trajetória no primeiro lançamento sai pra fora do campo magnético, já no segundo permanece no campo magnético, fazendo um círculo. Quanto maior for a carga elétrica o valor do raio será maior, e permanecerá no campo magnético (Alunos A₁, A₂ e A₁₃, Grupo 01).

Quando a partícula sai do campo magnético, toma uma trajetória reta no 1º caso, já no 2º caso ao mudar o valor da carga sua trajetória só é percorrida no campo, em forma de círculo (Alunos A₁₆, A₁₇ e A₁₈, Grupo 07).

Na 1ª figura quando mudamos o valor da carga elétrica, ele fez uma curva. Já na 2ª figura aumentamos para 5 e ele fez um círculo (Alunas A₂₀ e A₂₁, Grupo 08).

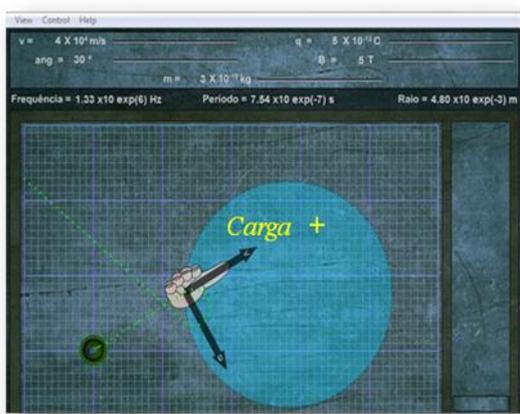
A dificuldade de constatar o movimento circular da partícula de menor carga deve-se ao fato de que, justamente por apresentar carga elétrica de menor valor, o raio de curvatura da trajetória descrita pela partícula em movimento será maior. Consequentemente, a partícula acaba ultrapassando os limites da região de campo magnético, continuando o seu movimento, agora em trajetória retilínea. Este fato foi discutido com os alunos no fechamento da sequência inicial de atividades.

Aliás, no que diz respeito a tal dificuldade verificada, pode-se afirmar que a situação que a envolve vai ao encontro às ideias de Gilbert (2005) e Pereira (2011) quanto à interpretação do aluno a respeito da visualização externa, uma vez que nem sempre ele estará atento ao que de fato ela pretende representar. Neste sentido, destaca-se a importância da presença do professor para o entendimento da correspondência entre a visualização e a representação desejada (PEREIRA, 2011). No caso da referida atividade, a trajetória circular no interior da região de campo magnético, válida para

todo lançamento realizado, independente dos parâmetros estabelecidos, pareceu ter sido compreendida pelos alunos somente após a discussão realizada em sala a respeito do que estava ocorrendo.

A possibilidade de visualização da situação estudada também desempenhou um importante papel durante as discussões realizadas após a realização de grande parte das atividades. Tal fato pode ser constatado, por exemplo, no caso da atividade em que se investigou a influência da natureza da carga elétrica da partícula em movimento para a trajetória descrita. Nesta atividade, foram realizadas duas simulações (Figura 5.2) nas quais apenas se alterou o sinal da carga elétrica em movimento.

a)



b)



Figura 5. 2 - Trajetórias da partícula com carga positiva (a) e com carga negativa (b).

Algumas das respostas dos alunos para esta atividade podem ser verificadas a seguir:

Carga positiva a curva será para baixo e depois sobe, a negativa não irá fazer uma volta completa e a curva será para cima (Alunos A₁ e A₂, Grupo 01).

Observamos que o movimento realizado pela partícula de carga positiva realiza a entrada no campo magnético em linha reta, e após entrar no campo sai contornando a partícula de carga positiva. E quanto a partícula de carga negativa, entrou no campo magnético em linha reta e saiu em curva sem contornar a ela mesma. Uma outra observação foi que as duas partículas permaneceram com o mesmo valor no raio (Alunos A₁₁ e A₁₂, Grupo 05).

A diferença observada entre os movimentos é que quando a partícula de carga é positiva, entra no campo magnético e faz uma curva, formando um círculo antes de sua retirada. Já quando a partícula tem carga negativa, ela segue sua trajetória em linha reta, ao ser lançada, e quando entra em contato com o campo magnético, ela é repelida (Alunos A₇, A₁₆ e A₁, Grupo 07).

No caso desta atividade, as visualizações exerceram sua importância ao possibilitar as comparações realizadas para relatar suas conclusões. Tal fato pode ser evidenciado nas respostas dos alunos, principalmente naquelas em que os mesmos fizeram uso de termos como “*observamos que*” e “*a diferença observada é*”, e também na discussão desenvolvida em sala de aula para que os estudantes pudessem compreender que a única diferença quanto à influência da natureza das cargas em movimento é o sentido do movimento circular. Como as respostas apresentadas pelos alunos deixavam dúvidas quanto a isto, foi iniciada uma discussão para que isso pudesse ser esclarecido, a qual se desenvolveu a partir de questionamentos a respeito da diferença observada nas duas situações:

Prof: “A trajetória da partícula sofre modificação em função da carga elétrica?”

Aluna A₁₈: “Sofre!”

Prof: “Basta olhar a figura ali. Pessoal, olhem lá na projeção. Qual é a diferença entre as duas figuras? O que mudou de um para o outro?”

Aluno A₁: “Para o lado esquerdo e para o lado direito.”

Prof: “Como é que é?”

Aluno A₂: “Positivo vai tudo para cima e o negativo...” (Aluno faz sinais no ar apontando para sentidos diferentes).

Prof: “Então o sentido do movimento na hora que entrou no campo magnético, ele é diferente conforme a carga, né?”

Prof: “A positiva vai para um lado. Será que é sentido horário ou anti-horário? O que vocês acham?”

Alunos: “Sentido horário!”

Prof.: “Sentido horário... A carga positiva inicia a volta ali no sentido horário e a carga negativa no sentido anti-horário, né? O que acontece? Além do sentido, será que alguma outra coisa muda?”

Aluna A₁₈ “Tem uma setinha aí!”

Prof.: “O que é essa setinha? Tem uma questão sobre ela daqui a pouquinho... Mas vamos comparar em relação ao raio. O raio é algo que está sendo fornecido conforme a trajetória que é descrita ali. O que acontece? Dá pra enxergar o valor do raio na projeção. Observem lá!”

*Aluno: “4,80!”*³³

Prof.: “4,80... O quê?”

Aluno: “ $x 10^{-3}$.”

Prof.: “ $x 10^{-3}$, na primeira figura... Quanto é na segunda?”

Aluno: “ $4,80 x 10^{-3}$!”

³³ Em alguns trechos transcritos das filmagens e gravações de áudio realizadas não foi possível identificar a qual aluno se refere algumas falas. Por isso, nestes casos, não é feita a identificação.

Prof.: “A mesma coisa! $4,80 \times 10^{-3} \text{ m}$ também! Então, houve mudança no sentido, mas o raio correspondente à curva tem mesmo valor...”

Deste modo, a conversa com os alunos foi desenvolvida buscando chamar-lhes a atenção não apenas para a inversão do sentido do movimento da partícula nos lançamentos, mas também para a semelhança entre as trajetórias circulares que apresentavam o mesmo valor para o raio. Após a discussão apresentada no trecho transcrito anteriormente, também foram mostradas aos alunos as respostas que cada grupo registrou em sua ficha de atividade. Neste caso, foi destacada a forma como alguns grupos descreveram o que estava acontecendo, como no caso da equipe que utilizou o termo “*ela é repelida*” ao relatar o movimento da carga negativa.

Assim, a discussão continuou:

Prof.: “O que eu quero que vocês reflitam é o seguinte: nestas situações que a gente viu... Vou voltar lá, oh. Nos dois casos a partícula saiu do campo magnético. Por que será que ela saiu? Será que ela foi expulsa do campo magnético? O que vocês acham?”

Aluno A₇: “Acho que ela foi expulsa entre aspas.”

Prof.: “Então, vamos lá, Aluno A₇, o que você quis dizer com ‘ela foi expulsa’?”

Aluno A₇: “Ah, não sei...”

Prof.: “Na sua opinião... No caso, você colocou isso para a carga negativa. O que você quis dizer com isso?”

Aluno A₇: “Não sei...”

Prof.: “Pensando, agora... Você concorda que ela foi repelida?”

Aluno A₇: “No caso da positiva, ela entra e faz uma volta. No caso da negativa, ela bate e volta, né?”

Prof.: “Será que ela bateu e voltou? Na verdade ela faz uma curva também!”

Aluno A₇: “É, faz...”

Prof.: “Pessoal, observem lá na figura. A partícula não fez uma curva?”

Aluno A₁₆: “Fez.”

Prof.: “E por que a curva da partícula positiva não foi igual à da partícula negativa?”

Aluno A₇: “Porque ela é positiva e a outra é negativa!”

Prof.: “Mas cada um foi para um lado, por quê?”

Prof.: “Pessoal, dá uma olhadinha na figura. O raio continua a mesma coisa. O valor do raio é o mesmo. O que significa dizer que o valor do raio é o mesmo? A curva não deveria ser a mesma? Por que é diferente?”

Aluno: “Por que uma é positiva e a outra é negativa!”

Prof.: “Tá, mas e aí? Tanto a positiva como a negativa, eu tenho a mesma curva, ou melhor, o mesmo raio para a curva descrita dentro da região de campo, certo? Agora, embora o raio seja o mesmo, o valor que está informado é o mesmo, se eu observo a figura... Pessoal, dá uma olhadinha nas duas figuras. O que acontece?”

Aluna A₁₈: “Aquele setinha ali quer dizer alguma coisa?”

Prof.: “De certa forma sim, mas ela não vai influenciar tanto na resposta quanto ao que eu estou questionando aqui. O que eu gostaria que vocês tentassem perceber é essa diferença em relação às duas curvas. Ela existe visualmente, mas se eu for analisar o valor do raio... O raio é o mesmo! Por que, então? Se o raio é o mesmo, por que eu tenho diferença em relação às duas curvas?”

Aluno A₂: “Uma é positiva e a outra é negativa...”

Prof.: “Mas, por que existe esta diferença já que o raio é o mesmo?”

Aluna A₁₇: “É que o campo influencia...”

Prof.: “De que forma o campo está influenciando, Aluna A₁₇?”

Prof.: “Observem ali... Pessoal, o que vocês tem que observar é o seguinte...”

(Aluno A₂ diz algo, mas não dá para ouvir).

Prof.: “Aluno A₂, fala isso o que você está dizendo. Fala mais alto um pouquinho para gente ouvir.”

Aluno A₂: “A carga negativa o ângulo vai para cima e a carga positiva o ângulo está apontando para baixo.”

Prof.: “Como assim? Qual ângulo você está se referindo agora?”

Aluna A₁₇: “Aquilo lá não é ângulo. É a aceleração e a velocidade.”

Prof.: “Os vetores... O vetor aceleração está atuando em sentido diferente. Mas, o que eu quero que vocês prestem atenção é o seguinte: o que vocês tinham falado para mim a respeito do desvio que aconteceu lá com a carga? Como é o sentido do desvio que acontece?”

Aluna A₁₇: “Sôr, simplifica!”

Prof.: “Pessoal, prestem atenção no que eu vou falar de novo; o que vocês haviam falado antes nessa diferença em relação ao desvio que a partícula sofre? Se a partícula é de carga positiva, como é o desvio que aconteceu ali dentro?”

Aluno: “No sentido horário.”

Prof.: “No sentido horário! A partícula foi desviada no sentido horário...”

Aluno: “Qual carga?”

Prof.: “Carga positiva. Concorda? E a carga negativa?”

Aluno: “Anti-horário.”

Prof.: “Anti-horário! E qual a consequência disso?”

Aluna A₁₈: “Quando ela começar a fazer a curva, ela sai do campo magnético.”

Prof.: “Exatamente!”

Deste modo, ao longo da discussão os alunos foram levados a perceber a partir das figuras visualizadas que, apesar de aparentemente as duas trajetórias serem diferentes dentro da região de campo magnético, na verdade tratava-se da mesma curva (o raio era o mesmo!) descrita em sentidos opostos e, por isso, as partículas percorreram regiões diferentes em cada caso. A carga positiva permaneceu por mais tempo na região de campo do que a carga negativa.

Como pode ser constatado nos diálogos transcritos, em vários momentos, o professor fez referência às imagens geradas nas simulações: “*basta olhar a figura*”, “*observem lá*”, “*dá uma olhadinha na figura*”, “*nestas situações que a gente viu*”, etc. A visualização, neste caso, auxiliou não apenas a compreensão como também contribuiu para a participação mais ativa dos estudantes nesta compreensão. Tal fato corrobora com as ideias de alguns autores como Yamamoto e Barbeta (2001), Gonçalves (2005) e Miranda, Arantes e Studart (2011), os quais destacam a possibilidade oferecida pelas simulações para uma maior interação entre alunos e professor, que poderá ser acompanhada por uma postura mais atuante dos alunos durante tal interação. Portanto, pode-se afirmar, nesse caso, que a visualização é um dos fatores da simulação que favorece a interação e a participação durante as situações de ensino e aprendizagem desenvolvidas.

Durante a realização das atividades, outro fato relacionado à visualização proporcionada pela simulação também chamou a atenção. Na simulação, assim que a carga elétrica entra na região de campo magnético, um pontinho laranja aparece na tela (Figura 5.3), indicando o centro da trajetória circular.

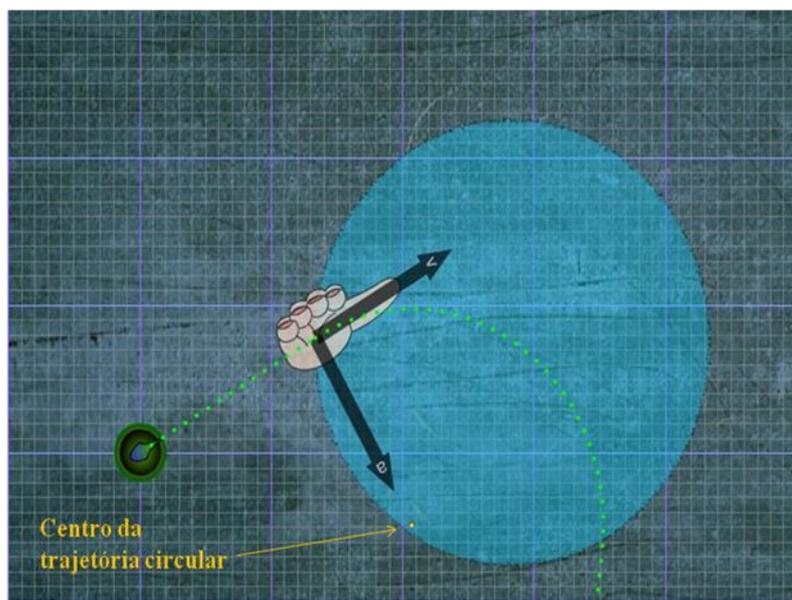


Figura 5. 3 - No momento em que a partícula penetra na região de campo magnético, um pontinho representando o centro da trajetória circular é apresentado na tela.

Para algumas simulações, conforme os parâmetros selecionados, mal dá para percebê-lo. Porém, os alunos de um dos grupos ficaram intrigados quanto ao seu

aparecimento e questionaram do que se tratava. O que em princípio seria algo negativo, uma espécie de limitação oferecida pela simulação, uma vez que o “pontinho” pode dar margem a diferentes interpretações, acabou constituindo um fator que contribuiu para o desenvolvimento da investigação a partir do uso do OA. Diante da curiosidade surgida e da orientação para que tentassem descobrir do que se tratava aquele elemento visualizado em todas as simulações, os alunos realizaram as demais atividades procurando também refletir sobre mais esta questão, além daquilo que já estava sendo proposto em cada caso.

Alguns trechos relacionados a esta situação, transcritos das filmagens e gravações de áudio, são apresentados abaixo:

Aluno A₁₆: “Sôr, o que é isso aqui?”

Prof.: “Hum, interessante! Por que será que tem esse pontinho aí no meio?”

Aluno A₁₆: “Ah, porque...”

Prof.: “Pensa um pouquinho sobre ele.”

Aluna A₁₇: “É que aconteceu uma explosão ali, sabe? Ele caiu...” (Em tom de brincadeira).

Aluno A₁₆: “Ah, se tem um ali tem que ter um aqui!”

Prof.: “Será?”

Aluno A₁₆: “E que ‘a’ é esse?”

Aluna A₁₈: “Ele está apontando para cá, ó!”

Prof.: “Esse ‘a’ é de aceleração...”

Aluno A₁₆: “E o ‘v’? Velocidade... Mas aceleração não é a mesma coisa que velocidade?”

Aluna A₁₈: “Lógico que não!”

Aluno A₁₆: “Para mim, é...”

Alguns instantes depois, os alunos relatam a realização de uma nova simulação para observar o aparecimento do pontinho outra vez:

Aluno A₁₆: “Eu pus para ver como aparece a bolinha. Aí tá vindo, vindo, vindo. Deslocou aqui, apareceu aqui!”

Aluna A₁₈: “Mas a partícula entra no campo magnético. Por que isso acontece?”

Prof.: “Por que será?”

Aluno A₁₆: “É um efeito natural?”

Prof.: “Eu vou responder isso para vocês, mas eu gostaria que vocês tentassem primeiro, né? As próximas atividades que a gente vai fazer, eu acho que ficará mais fácil de vocês entenderem por que aparece o pontinho.”

Nesta mesma aula, o aluno A₁₈ tentou apresentar uma explicação para o fato observado:

Aluna A₁₈: “Se não tivesse o campo magnético, isso iria reto para o mesmo lado, bonitinho, seria a velocidade. Se ele começar a desacelerar, ele chega lá, no pontinho lá.”

Prof.: “Será? Essa é uma hipótese...”

Aluna A₁₈: “Tem a ver porque aqui é a aceleração da partícula: o ‘a’!”

Prof.: “Pense um pouquinho mais sobre ela.”

Aluna A₁₈: “Ah, sôr, eu não quero mais pensar!”

Na aula seguinte, após realizar novas atividades³⁴ que tornaram mais evidente a trajetória circular da partícula, ao penetrar na região de campo magnético, os alunos foram questionados a respeito da observação feita pelo grupo na aula anterior:

Prof.: “E o pontinho lá, têm ideia do que seja?”

Aluno A₁₆: “É o centro do negócio! O centro da circunferência...”

Prof.: “Ah, muito bem!”

Ainda que suas hipóteses iniciais não estivessem corretas, conseguiram, no decorrer das aulas, chegar a uma conclusão e esclarecer sua dúvida. Assim, a partir da visualização proporcionada pela simulação, os estudantes foram instigados a explorar o OA utilizado, desenvolvendo uma atitude investigativa para obter a resposta desejada. Neste sentido, pode-se afirmar que percorreram “um caminho a partir de um contexto, analisando possibilidades e investigando problemas para a compreensão de certos conceitos” (SANTOS NETO; SASSERON; PIETROCOLA, 2009, p. 84).

Outra sequência na qual a visualização proporcionada pelas simulações realizadas teve importante papel para a compreensão dos conceitos envolvidos no fenômeno físico estudado foi aquela em se investigou a influência dos seguintes parâmetros na trajetória circular da partícula em movimento: velocidade, carga elétrica e massa da partícula e a intensidade do campo magnético (Apêndice D – Fichas de atividades 11 a 14).

Ao comparar o caso da velocidade, todos os alunos relataram o fato de que o valor da velocidade influencia o valor do raio da trajetória descrita. Ainda que nem todos os grupos tenham descrito como se dá a dependência entre as duas grandezas,

³⁴ Atividades *Deslocamento da partícula na região de Campo Magnético, Influência da natureza da carga elétrica e Influência do sentido de atuação do Campo Magnético* (Apêndices J a M).

aqueles que o fizeram descreveram tal dependência de forma correta. Algumas respostas para esta atividade são apresentadas abaixo:

Conforme foi aumentando a velocidade, o raio de curvatura aumenta (Aluna A₅, Grupo 03).

De acordo com o aumento da velocidade que se tem, o raio das circunferências que ocorrem dentro do campo magnético também aumentam, juntamente com o seu ponto de encontro (Alunos A₁₆, A₁₇ e A₁₈, Grupo 07).

Quando a velocidade se encontrava mínima os pontinho se encontrava mais próximo das outras e a velocidade ia bem devagar e quando ia aumentando a velocidade os pontinhos ia se separando e subindo cada vez mais, quando atingiu o valor máximo as pontas se separaram bastante da outra e subiu até o topo do desenho. Nenhuma delas formaram um círculo do mesmo tamanho, conforme mudava a cada situação (Alunas A₁₄ e A₁₉, Grupo 10).

De forma semelhante à situação anterior, todos os alunos perceberam pela visualização que o raio da trajetória sofre mudanças de acordo com o valor da massa da partícula. Também aqui, nem todos os alunos descreveram como ocorre a dependência entre as duas grandezas, mas todas as respostas em que isso foi feito estavam corretas:

Quanto maior for o valor da massa, maior será o valor do raio e quanto maior for a curvatura maior será o valor do raio (Alunos A₁ e A₂, Grupo 01).

Quanto maior o valor da massa maior o raio, e diminui a curvatura (Alunos A₈ e A₁₀, Grupo 04).

Conforme a massa aumentava maior era o tempo que ela demorava para fazer a curva dentro do campo magnético (Alunos A₁₁ e A₁₂, Grupo 05).

Deste modo, por meio da observação e comparação das simulações realizadas ao longo das atividades, cada grupo procurou descrever as situações estudadas, desenvolver suas conclusões e também a elaborar algumas hipóteses a respeito da situação observada. Neste sentido, a visualização proporcionada favoreceu o desenvolvimento de habilidades de caráter cognitivo, privilegiando o papel do aluno na construção do conhecimento, conforme apontam Santos Neto, Sasseron e Pietrocola (2009) ao tratar das contribuições de um OA para o ensino e a aprendizagem de conceitos físicos. Habilidades estas que possuem relação com o fazer e entender a Ciência, como destacam os PCN (BRASIL, 2000) e Araújo e Abib (2003).

A apresentação das atividades em que se observou a influência do valor da carga da partícula e da intensidade do campo magnético na trajetória circular da partícula é feita na seção seguinte. Para encerrar esta seção, alguns dados coletados a partir de um questionário respondido pelos alunos também são apresentados. Com o

propósito de investigar a opinião dos estudantes a respeito das aulas de Física desenvolvidas na sala de informática da escola, eles responderam a um questionário com as seguintes perguntas: “Qual é a sua opinião a respeito da realização das aulas de Física na sala de informática? Você está gostando? Por quê?”; “Comparando as aulas que têm sido realizadas na sala de informática com as aulas de Física na sala de aula convencional (quadro e giz e uso do caderno do aluno³⁵), quais são as suas considerações a respeito? Cite os aspectos positivos e negativos.” e “Em sua opinião, as atividades realizadas com o uso das simulações têm contribuído para a compreensão dos conceitos físicos estudados? De que forma?”.

As respostas dos alunos quanto a esses questionamentos foram bastante positivas no que diz respeito ao uso do OA durante as aulas. De acordo com os mesmos, as aulas na sala de informática foram mais interessantes do que as aulas convencionais, pois, além de saírem da rotina, elas foram mais dinâmicas e divertidas. Nas respostas referentes à terceira questão, a visualização foi apontada como algo que contribuiu para o aprendizado dos conceitos estudados, como pode ser observado a seguir:

Sim, pois o simulador nos mostra melhor o funcionamento dos conceitos físicos do que uma imagem em um livro (Aluno A₁).

Sim. Você aprende observando e fazendo as simulações, você pode ver o que está estudando (Aluno A₂).

Sim, podemos ver o que realmente acontece, quando é só a explicação do professor não vemos o que realmente está acontecendo (Aluna A₁₃).

Tem sim. Porque é bem mais fácil entender e compreender algo visualizando (Aluna A₁₄).

Sim, pois nos mostra o mais próximo possível da realidade (Aluno A₁₆).

Sim, pois quando visualizado é possível compreender melhor, pois é possível observar como acontece e não só imaginar (Aluna A₁₉).

As respostas dos alunos aqui apresentadas foram obtidas após as primeiras aulas nas quais a pesquisa se desenvolveu. Nas aulas finais, os alunos responderam a um novo questionário, o qual, além de apresentar as mesmas questões do primeiro, solicitava aos alunos que também manifestassem suas impressões, críticas e sugestões

³⁵ Trata-se do material fornecido pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, contendo textos e atividades para serem desenvolvidos durante as aulas.

sobre a experiência de aula vivenciada. Novamente, os alunos se manifestaram de forma positiva quanto às aulas e a mencionaram a visualização como algo que contribuiu para o entendimento dos conceitos estudados:

Sim, na maneira de que você participa da aula, vendo as simulações, você vê o que está aprendendo (Aluno A₂).

Sim, pois podemos ver como acontece e assim aprendemos mais rápido (Aluno A₁₆).

Sim, pois uma coisa explicada sem demonstrações é mais difícil de imaginar e entender, por isso o uso do simulador contribui bastante na compreensão dos estudos físicos (Aluna A₁₇).

Sim, porque visualizando, podemos movimentar, trocar valores e vemos a diferença com os efeitos realizados pelo simulador, diferente de ouvir e não poder observar em sala de aula (A₁₉).

Contribui muito. Além do professor explicar bem, os desenhos e as simulações fazem com que a gente foque e preste mais atenção do que na lousa, caderno e etc. (Aluna A₂₄).

Nas respostas apresentadas é possível perceber que os alunos consideram ser mais fácil entender o que está sendo estudado pelo fato da simulação permitir “ver” o que está sendo estudado em vez de ter que imaginar. Tal fato vai ao encontro das ideias sobre o pensar a partir do visual, já mencionadas no início desta seção.

De acordo com Pereira (2011), a visualização a partir da representação gerada diretamente pela simulação no OA pode facilitar o entendimento dos conceitos estudados na medida em que existe a possibilidade de se poupar esforços dos alunos quanto às manipulações mentais necessárias para imaginar o fenômeno, de modo que tais manipulações possam ser dedicadas exclusivamente para a compreensão dos conceitos envolvidos no mesmo. Isto se torna mais significativo, principalmente, no caso dos conceitos com maior nível de dificuldade e abstração, como foi o caso dos conceitos eletromagnéticos estudados a partir das atividades desenvolvidas.

Considerando ainda a importância atribuída pelos alunos à visualização do fenômeno durante seu estudo, duas respostas chamaram a atenção por corroborar as ideias de alguns autores discutidas anteriormente, ao longo do terceiro capítulo. Entre as respostas do primeiro questionário aplicado, um dos alunos afirma que “o simulador nos

mostra melhor o funcionamento dos conceitos físicos do que uma imagem em um livro”. O termo “*mostra melhor*”, citado por ele, provavelmente faz referência à limitação, no caso dos livros, de uma representação estática para fenômenos dinâmicos, o que não acontece no caso das simulações, considerando as animações interativas que elas apresentam, conforme apontam Medeiros e Medeiros (2002).

Já no segundo questionário aplicado, uma aluna afirma que “visualizando, podemos movimentar, trocar valores e vermos a diferença com os efeitos realizados pelo simulador, diferente de ouvir e não poder observar em sala de aula”. Deste modo, além de mencionar o papel da visualização como complemento à linguagem verbal, como destacam Medeiros e Medeiros (2002), a aluna também faz referência à questão da interatividade relacionada à possibilidade de alterações de parâmetros, a qual poderá constituir uma importante contribuição para a compreensão dos conceitos estudados (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; MIRANDA; ARANTES; STUDART, 2011).

Deste modo, após a apresentação e análise de alguns elementos obtidos na pesquisa realizada e que apontam para a questão da visualização no ensino de conceitos físicos com o uso de simulações, encerra-se esta seção. Na seção seguinte é feita a descrição e a discussão de dados relacionados à presença da Matemática no ensino de Física.

5.2. Ensino de Física e a Matemática

Os dados obtidos na sequência de atividades com o uso do OA “*Movimento de Cargas num Campo Magnético*” trouxeram evidências da contribuição das simulações realizadas a partir do OA para o ensino dos conceitos físicos estudados, considerando a visualização proporcionada pelas mesmas. Entretanto, durante algumas atividades, outros elementos que chamaram a atenção dizem respeito à questão da Matemática para a compreensão dos conceitos físicos estudados. Deste modo, os registros feitos nas fichas em que tais elementos emergiram, assim como trechos das filmagens e gravações em áudio das discussões realizadas, são aqui apresentados.

Durante a discussão das ideias que constituem a fundamentação teórica, no Capítulo 3, a presença da Matemática no ensino da Física foi considerada sob duas perspectivas, conforme as pesquisas realizadas por autores como Pietrocola (2002), Martini (2006) e Andrade (2010), dentre outros. São elas: *a dificuldade dos alunos com*

a Matemática envolvida nos conceitos físicos estudados e o papel da Matemática como estruturante do conhecimento físico.

No que diz respeito à primeira perspectiva, na atividade em que os alunos tiveram a oportunidade de observar a dependência do raio da trajetória com o valor da carga elétrica, uma quantidade considerável de equipes apresentou conclusões equivocadas quanto às suas observações. Cinco grupos descreveram de forma imprecisa a dependência entre as duas grandezas, como pode ser observado no caso dos alunos do Grupo 05, de acordo com a resposta abaixo:

Conforme aumentava o valor da carga maior era a curva que o lançamento da partícula fazia dentro do campo magnético (Alunos A₁₁ e A₁₂, Grupo 05).

Houve ainda um grupo que apenas comentou o fato de o raio variar conforme as mudanças feitas para o valor da carga:

Em cada lançamento as partículas tiveram trajetórias diferentes, e o raio também teve valor diferente (Alunas A₂₀ e A₂₁, Grupo 08).

Somente dois grupos chegaram a apresentar conclusões corretas para esta dependência, como é exemplificado na resposta a seguir:

Conforme aumentei o valor da carga elétrica, o raio de curvatura diminuiu (Alunas A₅ e A₆, Grupo 03).

Um fato importante constatado durante as atividades foi a forma como os alunos analisaram seus registros para chegar às conclusões em cada ficha. Além de observar a trajetória circular, também foi feita a comparação dos valores dos raios da trajetória fornecidos pela simulação em cada caso. Esse valor era fornecido pela simulação na forma de notação de potência de dez. Nas simulações em que os grupos puderam constatar a influência da velocidade da partícula para a trajetória circular, todos os valores eram expressos na mesma potência de dez (10^{-2}). Neste caso, nenhum dos grupos apresentou conclusões erradas.

Já nas simulações em que foi verificada como a mudança no valor da carga da partícula altera o raio da trajetória, alguns valores eram expressos em potências com expoente -2 e outros com expoente -3 . Seja por falta de atenção ou pela dificuldade com esse tipo de notação, alguns grupos cometeram erros em suas conclusões. Um aluno, inclusive, chegou a questionar esse fato quando realizava algumas simulações. A sua fala, com base na filmagem realizada e na gravação de áudio, é transcrita a seguir:

Por que quando passa o valor da carga acima de 4.20 o valor do expoente passa a ser -3 e antes era -2 ? (Aluno A₂, Grupo 01).

Essa dificuldade em relação à notação possivelmente justifica o resultado observado para as duas primeiras atividades. Trata-se de uma dificuldade com outro tipo de visualização, a visualização simbólica (GILBERT, 2005), a qual possui relação com a *habilidade numérica* (MARTINI, 2006). Tal problema está relacionado, principalmente, com a operacionalização das grandezas físicas a partir de expressões matemáticas. Entretanto, os alunos já apresentaram dificuldades ao se depararem com os valores e a forma como foram apresentados, antes de terem contato com as expressões matemáticas envolvidas no ensino dos conceitos estudados.

Por isso, foi necessário retomar as ideias relacionadas à representação de um número na forma de potência de dez e para isso o OA também contribuiu. No momento em que se chamou a atenção dos alunos para o engano cometido em relação aos valores para o raio da trajetória circular da partícula, alguns expressos em potências com expoente -2 e outros em potências com expoente -3 , as imagens geradas nas simulações foram utilizadas para que se pudesse perceber a diferença entre as dimensões da trajetória em cada caso.

Nas simulações em que se comparou a influência da intensidade do campo magnético para a trajetória da partícula ocorre a mesma situação para os valores dos expoentes na potência de dez. Entretanto, devido à discussão desenvolvida em sala, a quantidade de grupos que apresentaram conclusões erradas foi bem menor: cinco grupos relataram de forma correta a dependência entre o raio e a intensidade do campo e apenas dois grupos descreveram a dependência de forma incorreta. É justamente analisando a conclusão de alguns grupos para esta atividade que fica clara a dificuldade dos alunos quanto à representação numérica dos valores do raio, conforme pode ser verificada nas respostas a seguir:

Com o aumento da carga do campo magnético, o raio de curvatura foi variando sua velocidade, e sua curva era cada vez maior conforme a intensidade do campo magnético (Alunos A₁₁ e A₁₂, Grupo 05).

Houve alterações no raio, pois quando aumenta a intensidade do campo magnético o raio de curvatura diminui (Aluna A₁₅, grupo 06).

Mudando o valor do campo magnético há uma variedade no valor do raio. Até um certo valor do campo a unidade do raio cai, e quando atinge o valor máximo do campo irá aumentar (Alunos A₁₆ e A₁₈, Grupo 07).

No caso dos alunos do grupo 07, ao se analisar as anotações realizadas na ficha a respeito desta atividade, observa-se o registro dos seguintes valores para o raio nos cinco lançamentos realizados na simulação: $4,20 \times 10^{-2}$ m; $2,09 \times 10^{-2}$ m; $1,40 \times 10^{-2}$ m; $1,05 \times 10^{-2}$ m e $8,40 \times 10^{-3}$ m. Ao que tudo indica, consideraram apenas o valor que multiplicava a potência já que interpretaram que na última simulação o raio foi maior. No caso desta equipe, é importante destacar também que os alunos, de modo geral, costumavam terminar as atividades propostas antes que as demais e, quando a discussão a respeito da representação numérica na forma de potência de dez foi feita em sala, os mesmos já haviam entregado a atividade.

Outro momento em que elementos relacionados à Matemática tornaram-se importantes durante o desenvolvimento das atividades e sua discussão ocorreu quando os alunos investigaram como o sentido do campo magnético influenciava a trajetória da partícula. Neste caso, percebeu-se a dificuldade na compreensão das dimensões espaciais envolvidas na situação estudada, conforme é possível perceber no diálogo a seguir:

Prof.: “O que é aquele ‘saindo do plano’ e ‘entrando no plano’?”

Aluna A₁₈: “Saindo do campo e entrando no campo.”

Prof.: “Será que é saindo do campo magnético? O que está saindo ali?”

Aluna A₁₈: “A partícula.”

Prof.: “Então, a partícula entra e sai do campo magnético. Até aí está correto. Agora, quando eu falo ‘saindo do plano’ e ‘entrando no plano’, eu não estou me referindo à partícula. Eu estou me referindo a quê?”

Aluna A₁₇: “Campo magnético.”

Prof.: “Ao próprio campo magnético! O que acontece? O campo magnético é uma grandeza vetorial, não é isso?”

Aluna A₁₈: “É?”

Prof.: “Então, tá. Eu não vou perguntar, eu vou afirmar: o campo magnético é uma grandeza vetorial. O que isso significa? O que significa dizer que o campo magnético é uma grandeza vetorial?”

Prof.: “Significa dizer que além da intensidade que ele apresenta, aquela medida que a gente faz do campo magnético, eu tenho que lembrar que, já que é uma grandeza vetorial, existe uma direção de atuação desse campo magnético. Que direção é essa mesmo? É a mesma da velocidade? Sim ou não?”

Aluna A₁₈: “Não.”

Prof.: “Qual é a direção do campo magnético em relação à direção da partícula? À direção do movimento da partícula, aliás.”

Prof.: “Na simulação que a gente fez, o campo magnético é perpendicular à direção da partícula. Isso significa que eu tenho um ângulo de 90° entre a direção da velocidade e a direção do campo magnético.”

(Aqui, foi utilizada uma caneta para representar o vetor campo magnético, a qual foi posicionada perpendicularmente ao plano do papel).

Observa-se, neste caso, a questão do obstáculo relacionado ao domínio espacial das variáveis eletromagnéticas, conforme destaca Paz (2007). Para esta situação, o OA utilizado não chegou a oferecer diretamente um auxílio para a superação da dificuldade dos alunos na compreensão das dimensões espaciais das grandezas. Isso porque, como as simulações são geradas em duas dimensões, o OA faz uso dos mesmos recursos utilizados em um livro didático para relacionar as grandezas no espaço tridimensional, adotando os símbolos “*saindo do plano*” e “*entrando no plano*” para indicar o sentido do campo magnético, o qual era perpendicular ao movimento da partícula.

Conforme pode ser constatado no diálogo acima, para a aluna A₁₈, “*entrando no plano*” e “*saindo do plano*” significavam a partícula entrando na região de campo magnético e a partícula deixando esta região. Por isso, para que tal representação pudesse ficar clara de fato para os alunos, foi necessário ilustrar as grandezas no espaço tridimensional a partir da utilização de outros objetos. No caso, a folha do caderno para o plano da trajetória da partícula e uma caneta para o vetor campo magnético. Considerando novamente as ideias de Gilbert (2005), trata-se da substituição de uma representação no modo simbólico pela representação no modo concreto ou material. Uma possível maneira de superar esta dificuldade em relação à limitação para a representação espacial das grandezas, conforme pode ser verificado nos trabalhos de Paz (2007) e Pereira (2011), é a articulação entre atividades utilizando a simulação com atividades experimentais.

No que diz respeito ao papel da Matemática como estruturante do conhecimento físico, algumas discussões realizadas em sala buscaram não apenas tratar dos aspectos conceituais relacionados aos fenômenos eletromagnéticos estudados, mas também fazer uso dos modelos matemáticos para o tratamento desses fenômenos. Assim, nas discussões que se desenvolveram, também foram consideradas as expressões matemáticas relacionadas aos conceitos físicos, partindo da ideia de que a Matemática enquanto linguagem do mundo científico, mais do que instrumento de comunicação, constitui a maneira de estruturar as ideias a respeito do mundo físico (PIETROCOLA, 2002).

Mas, antes que isto se desenvolvesse, um elemento chamou a atenção nas anotações de dois grupos, o que ocorreu também na atividade em que se comparou a dependência do raio da trajetória com a massa da partícula em movimento. Nesta atividade era esperado que os alunos percebessem que o raio da trajetória era maior na medida em que se aumentava a massa da partícula, o que de fato aconteceu para a maioria dos grupos, conforme foi descrito na seção anterior. Entretanto, dois grupos também perceberam a relação de proporcionalidade entre as duas grandezas, como pode ser constatado nas anotações dos grupos 03 e 07, apresentadas a seguir:

Quanto maior a massa (m) maior será a curvatura da circunferência. O raio aumenta na mesma proporção da massa (Aluna A₅, Grupo 03).

Conforme faz-se as alterações na massa o raio sofre grandes variações, isto é está na mesma proporção que a massa. O valor da massa causa mudanças na curvatura do movimento da partícula, isto é quanto menor a massa mais fechada será a curvatura e quanto maior a massa mais aberta será a curvatura (Alunas A₁₇ e A₁₈, Grupo 07).

É interessante observar as conclusões dos dois grupos, obtidas a partir da comparação entre os valores para o raio gerados pela simulação à medida que os alunos selecionavam diferentes valores para a massa, uma vez que no momento em que esta atividade se desenvolveu ainda não haviam sido discutidas com os alunos as expressões relacionadas à força centrípeta e à força magnética. Este fato é considerado bastante significativo, uma vez que o objetivo inicial da atividade era que os alunos pudessem constatar que a massa da partícula interfere na trajetória circular, de forma que, quanto maior é o valor da massa maior é o raio da trajetória circular descrita pela partícula. Neste caso, os alunos foram mais além e não só notaram a influência, mas também de que forma ela acontecia, observando a partir da comparação entre os valores fornecidos na tela da simulação que as variações ocorridas nas duas grandezas eram proporcionais.

Como destacam Medeiros e Medeiros (2002) e Miranda, Arantes e Studart (2011), a possibilidade de alteração dos parâmetros de modo a gerar diferentes simulações favorece que algumas conclusões possam ser obtidas pelos alunos, a partir das comparações realizadas.

Considerando ainda que um dos grupos que conseguiu perceber que o raio da trajetória é proporcional à massa da partícula também havia cometido o engano em relação à dependência da trajetória da partícula com a carga elétrica, devido à dificuldade com a representação do valor do raio na forma de potência de dez, tal fato

adquire significado ainda maior. Além de ter superado a dificuldade relacionada à habilidade numérica, o que foi possível a partir da discussão realizada com os alunos em sala, acredita-se que tenha ocorrido a transposição entre os domínios numéricos e algébrico a respeito dos conceitos estudados (MARTINI, 2006).

Encerrando as atividades de investigação realizadas pelos alunos, os mesmos responderam a duas questões. A primeira delas (Apêndice D – Ficha de atividades 15) constitui uma síntese das últimas atividades realizadas e os estudantes descreveram como ocorre a dependência do raio da trajetória circular da partícula em função das quatro variáveis já citadas. As respostas de dois grupos para esta questão são apresentadas a seguir:

Quando se é aumentado a velocidade da partícula o raio de curvatura aumenta, do mesmo modo ocorre quando se aumenta a massa. No caso do aumento de intensidade no campo magnético e no aumento da carga elétrica o raio de curvatura diminui (Aluna A₅, Grupo 03).

Foi possível concluir a respeito dessa dependência que quanto maior a velocidade e valor da massa, o raio aumenta e quando o valor da carga e intensidade do campo magnético são maiores, o valor do raio será menor (Alunos A₁₆, A₁₇ e A₁₈, Grupo 07).

Já na segunda questão (Apêndice D – Ficha de atividades 16), os alunos foram levados a refletir sobre a influência das variáveis na força resultante sobre a partícula na região de campo magnético. Esta força é a força magnética, uma vez que na simulação outras interações, como aquela devida ao campo gravitacional, são desprezadas. Mas, como a situação envolvia o movimento circular da partícula, a força magnética era a própria força centrípeta, de modo que a reflexão sobre o questionamento realizado ocorreu a partir da expressão para esta força (Equação 5.1).

$$F_M \equiv F_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad (5.1)$$

Neste caso, os grupos anteriormente citados, apresentaram as seguintes respostas:

O raio é inversamente proporcional a força centrípeta, ou seja, se o divisor é maior, que no caso é representado pelo raio, consequentemente a força centrípeta é menor e vice-versa. Como a força magnética corresponde ao mesmo valor da força centrípeta, os valores serão iguais.

Analisando que, do mesmo modo isso acontecerá quando se aumenta a velocidade da partícula e o aumento da massa, pois em ambos o raio de curvatura tende a aumentar.

Aumentando a intensidade do campo magnético e no aumento da carga elétrica o raio diminui, sendo assim a força magnética ou centrípeta aumenta (Aluna A₅, Grupo 03).

Quando maior a velocidade e o valor da massa, menor será a força magnética.

E quando maior o valor da carga e a intensidade do campo magnético, o valor da força magnética será maior (Aluno A₁₆, Grupo 07).

As respostas apresentadas pelos alunos podem ser expressas pelas relações 5.2 a 5.5 a seguir:

$$F_M \propto \frac{1}{v} \quad (5.2)$$

$$F_M \propto q \quad (5.3)$$

$$F_M \propto \frac{1}{m} \quad (5.4)$$

$$F_M \propto B \quad (5.5)$$

Após a realização da atividade, foi apresentada aos alunos a expressão da Força de Lorentz (Equação 5.6) para o cálculo da força magnética que atua na partícula em movimento na região de campo magnético.

$$F_M = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta \quad (5.6)$$

Em seguida, iniciou-se uma discussão a respeito se as conclusões sobre a dependência da força magnética em relação às variáveis investigadas (relações 5.2 a 5.5), obtidas na segunda questão (Apêndice D – Ficha de atividades 16), estavam de acordo com a expressão da Força de Lorentz. Isto porque a dependência entre a força magnética e o raio da trajetória expressa na relação 5.2 não está de acordo com a Equação 5.6 e, embora tenha sido verificada uma possível dependência entre força magnética com a massa da partícula, tal dependência não é expressa na Equação 5.6.³⁶

Assim, a discussão se desenvolveu considerando inicialmente o fato da massa não estar presente na expressão da Força de Lorentz, apesar de influenciar a trajetória da partícula na região de campo magnético.

Como pode ser observado na equação 5.6, a força magnética não depende explicitamente da massa da partícula que se move. Portanto, mudanças no valor da massa não deveriam alterar o valor da força resultante. Por outro lado, considerando a equação 5.1 a respeito da força centrípeta, tem-se a impressão de que as variações ocorridas no valor da massa resultariam em alterações na força resultante. Contudo,

³⁶ Conforme descrito anteriormente, as conclusões expressas pelas relações 5.2 a 5.5 foram obtidas pelos alunos a partir da observação do raio da trajetória da partícula em cada simulação realizada, uma vez que o objeto de aprendizagem não fornece a intensidade da força resultante sobre a partícula.

trata-se de uma impressão equivocada, uma vez que, sendo a força resultante a própria força magnética, a razão entre a massa da partícula e o raio da trajetória é uma constante. Deste modo, a força resultante de fato não sofre alterações quando a massa da partícula varia³⁷. Isso pode ser verificado nas relações 5.7 e 5.8 a seguir:

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad (5.7)$$

$$\frac{m}{R} = q \cdot \frac{B}{v} \quad (5.8)$$

Mas, se a força resultante não se altera quando o valor da massa sofre variações, por que a trajetória sofre mudanças? Conforme podemos perceber na relação 5.9 abaixo, existe uma dependência linear entre o raio da trajetória e a massa da partícula:

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot v} \quad (5.9)$$

Em seguida, foi discutido o fato da força magnética ser diretamente proporcional à velocidade da partícula, o que não estaria de acordo com a conclusão obtida na segunda questão da última atividade da sequência realizada. Parte do diálogo desenvolvida em relação ao segundo fato é transcrito a seguir:

Professor: “Pessoal, comparem essas duas fórmulas aqui... Nesta equação, se eu aumento a velocidade o que acontece com a massa? Aliás, o que acontece com a força magnética?”

Aluno A₂: “Aumenta.”

Prof.: “E nesse caso? Se eu aumentar a velocidade, a força vai aumentar?”

Aluna A₁₈: “Não!”

Aluno A₂: “Vai!”

Prof.: “Por quê?”

Aluno A₂: “Aumenta porque vai aumentar o raio, mas a força é ao quadrado...”

Prof: “ Calma, Aluno A₂. Está certo o que você falou. Se eu aumentar a velocidade, o que vai acontecer com a força? Aumenta também, certo?Pessoal, nos dois casos a velocidade influencia ali multiplicando na equação, não é isso?Aluna A₁₈, é isso?”

Aluna A₁₈: “É. Não, mas eu não entendi...”

Deste modo, durante a discussão, buscou-se chamar a atenção dos alunos para o fato de que, enquanto a força magnética é proporcional à velocidade (Equação 5.6), a força centrípeta (Equação 5.1) é proporcional ao quadrado da velocidade. Portanto, se a

³⁷ Carga elétrica, Campo Magnético e Velocidade são mantidos constantes.

mudança de velocidade não implicasse na mudança do raio da trajetória circular da partícula, a intensidade da força centrípeta não seria igual à intensidade da força magnética. Neste sentido, a discussão continuou:

Prof.: “Aqui, aumentou velocidade, aumentou a força, certo? E aqui, aumentei velocidade, aumentou a força?”

Aluno A₁₆: “Não. O sôr, pelo o que o Aluno A₂ falou, para deixar ao quadrado... Não é por isso que aumenta?”

Prof.: “Aumenta, mas não só pelo quadrado, pelo fato de estar multiplicando. Aí que vem a questão: no primeiro caso só estava multiplicando pela velocidade...”

Aluno A₁₆: “Certo.”

Prof.: “No segundo, está multiplicando pela velocidade ao quadrado. Aumenta na mesma proporção os dois?”

Aluno A₁₆: “Não”.

Prof.: “Onde é que vai aumentar mais?”

Aluno A₁₆: “No primeiro.”

Prof.: “Por quê?”

(Alunos A₂, A₁₆ e A₁₈ falam ao mesmo tempo, não dá para compreender o que dizem...)

Prof.: “Como é que é?”

Aluno A₂: “Por que no segundo vai aumentar o valor do raio. Conforme aumenta a velocidade, aumenta o raio.”

Neste momento, observou-se uma possível compreensão por parte dos alunos a respeito das ideias ali discutidas, mas foi necessário avançar mais na discussão:

Prof.: “Sim. Mas, sem pensar nesta questão do raio ainda. Pensando só na velocidade e na força... Aumentei a velocidade, aumentou a força, certo?” (Prof. aponta para a primeira expressão)

Prof.: “Aumentei a velocidade, a força...” (Prof. aponta para a segunda expressão).

Alunos A₂ e A₁₈: “Aumentou.”

Prof.: “Também aumentou... Onde é que aumenta mais a força: nessa primeira ou nessa segunda expressão?”

Alunos A₂ e A₁₈: “Primeira.”

Prof.: “Por que na primeira?”

(Novamente, os alunos falam ao mesmo tempo)

Prof.: “Pessoal, então vamos pensar um pouquinho: esquece do raio por enquanto, Aluno A₂.”

Aluno A₁₆: “O sôr, como vai esquecer o raio se o raio tá junto aí?”

Aluno A₂: “Não dá para esquecer do raio.”

(Professor tenta “esconder” o raio com a mão...)

Na tentativa de facilitar a compreensão dos alunos, procurou-se desenvolver o pensamento dos mesmos a partir de elementos numéricos, atribuindo valor para a velocidade:

Prof.: “Pessoal, o que eu quero que vocês percebam é o seguinte: Vamos supor que a velocidade fosse ‘dois’. Aqui (apontando para a expressão da Força de Lorentz) eu iria multiplicar por ‘dois’, não é isso? E quanto é ‘dois’ ao quadrado?”

Alunos: “Quatro.”

Prof.: “Aqui, iria ser multiplicado por quanto?” (apontando para a expressão da Força Centrípeta)

Alunos: “Quatro.”

Prof.: “Onde é que o fator que está multiplicando é maior?”

Aluno A₁₆: “No segundo.”

Prof.: “Onde é que aumenta mais a força?”

Aluna A₁₈: “No segundo.”

Prof.: “No segundo... Porque aqui você depende da velocidade ao quadrado...”

Aluna A₁₈: “Mas, por quê?”

Prof.: “Aí que está a questão: por que o raio precisa aumentar nesse caso?”

Aluno A₂: “Por que conforme aumenta a velocidade, aumenta o raio.”

Prof.: “Para compensar essa velocidade já que ela está elevada ao quadrado. É aí que eu quero chegar: por que o raio aumenta quando a velocidade aumenta?”

Aluna A₁₈: “Por quê?”

Prof.: “Se eu aumentar a velocidade, a força vai aumentar muito mais do que aqui, concordam?”

Aluno A₁₆: “Verdade!”

Prof.: “Se eu só aumentar a velocidade, sem aumentar o raio... Então, para isso não acontecer, o que a gente tem que fazer? Aumentar também o valor do raio, certo? A força vai aumentar, só que na mesma proporção que eu aumentei aqui.” (Novamente, apontando para a expressão da Força Magnética).

Aluno A₂: “E aí é igual o aumento.”

Durante as discussões realizadas, pode-se observar elementos relacionados às habilidades conceitual, numérica e algébrica, segundo as ideias de Martini (2006), presentes nas situações que se desenvolveram. Afinal, para uma maior compreensão dos conceitos físicos estudados, discutiu-se as ideias relacionadas às expressões matemáticas envolvidas e o ponto de partida foram as conclusões obtidas nas fichas, a partir dos valores para o raio das trajetórias observadas nas simulações. Neste sentido, o OA utilizado também exerceu sua contribuição para o ensino dos conceitos físicos, uma vez que, por meio da manipulação das simulações, os estudantes já haviam elaborado

algumas hipóteses e chegou a algumas conclusões a respeito do fenômeno considerado e, por isso, puderam participar mais e colaborar com a discussão ocorrida.

Ainda que a compreensão conceitual não seja condição para o entendimento das relações numéricas e algébricas dos conceitos, conforme destaca Martini (2006), as discussões iniciais dos conceitos físicos, principalmente, a partir das visualizações propiciadas pelas simulações realizadas, podem ter contribuído para uma maior compreensão das expressões matemáticas e os questionamentos realizados a seu respeito durante as aulas.

Também durante a discussão relatada é possível perceber que muitas vezes é preciso lançar mão da compreensão numérica para auxiliar na compreensão algébrica dos conceitos. Não no sentido de ser necessária a resolução de uma vasta quantidade de exercícios como costuma ser comum em muitos livros didáticos (MARTINI, 2006), mas de que o domínio operacional algébrico do aluno ainda não foi de fato estabelecido, de modo que o pensamento pode ser desenvolvido do concreto para o abstrato. Assim, durante a discussão desenvolvida a partir da comparação entre as expressões da força centrípeta e da força de magnética, foi sugerido pelo professor um valor de velocidade para que as ideias fossem melhor compreendidas.

Assim, encerra-se este capítulo, após a discussão dos resultados obtidos na análise dos dados, sob a luz do referencial teórico que norteou o desenvolvimento da pesquisa. No próximo capítulo, são apresentadas as considerações finais a respeito do estudo realizado e as perspectivas futuras quanto ao tema aqui discutido.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As reflexões realizadas nos capítulos anteriores buscaram evidenciar as contribuições de um OA para o ensino de Física, conforme a questão norteadora e os objetivos definidos durante o desenvolvimento deste trabalho. A apresentação e a análise dos dados obtidos mostram que o uso de OA pode constituir uma importante estratégia para o ensino de conceitos de Eletromagnetismo no Ensino Médio. Além disso, como foi discutido no Capítulo 4, ainda que o foco da investigação tenha sido o *ensino*, alguns elementos relacionados à *aprendizagem* acabaram se destacando e, dessa forma, também foram considerados durante a análise e interpretação dos resultados.

Nas situações desenvolvidas em sala de aula, a partir da realização das atividades com a utilização de OA, dois elementos relacionados ao ensino da Física tiveram destaque ao longo da pesquisa: a visualização do fenômeno físico estudado e a presença da Matemática no ensino de Física. Em ambos os casos, estão associados a possibilidade de maior interação e também de desenvolvimento de práticas de caráter investigativo durante as aulas, proporcionados pelo OA.

As visualizações parecem auxiliar os alunos quanto ao entendimento dos conceitos estudados, à medida que podem facilitar a compreensão de elementos mais abstratos relacionados a estes conceitos. O desenvolvimento de habilidades relacionadas à capacidade de abstração é considerado importante durante o estudo da Física e das Ciências de modo geral. Entretanto, uma representação mais concreta obtida nas simulações não traz prejuízos quanto a estas habilidades, mas, pelo contrário, contribui para que as mesmas sejam desenvolvidas, auxiliando os estudantes na superação dos obstáculos iniciais quanto a isto.

O uso de representações que complementem a linguagem verbal e escrita durante o tratamento dos conceitos é algo constante no dia a dia do professor. Sejam representações mais simples, como os próprios desenhos ou esquemas feitos na lousa, ou mesmo a utilização de gravuras e fotografias de um livro didático, observa-se muitas vezes esta preocupação de tornar mais claras as explicações feitas durante as aulas de

Física. Neste sentido, os OA têm muito a contribuir, tanto pelo caráter dinâmico em relação a essas outras representações como também pela interatividade que proporcionam.

No que diz respeito à questão da presença da Matemática no ensino da Física, a utilização do OA durante as aulas também favoreceu o desenvolvimento das discussões dos conceitos sem o abandono do tratamento matemático para as situações estudadas, mesmo diante de algumas dificuldades apresentadas pelos alunos em alguns momentos. A própria visualização obtida por meio das simulações trouxe contribuições neste sentido, assim como a possibilidade de comparação dos valores das grandezas físicas envolvidas no estudo, por meio da seleção de parâmetros nas simulações realizadas. Portanto, os OA utilizados ao longo da pesquisa mostraram-se potencialmente significativos tanto para o aprendizado dos conceitos físicos como para a discussão de elementos matemáticos que eles envolvem.

Ainda na fase inicial de desenvolvimento deste trabalho, durante a elaboração dos objetivos e a própria definição do problema de pesquisa, uma das preocupações existentes foi a de que o mesmo pudesse ser desenvolvido em uma situação convencional de aula de Física do Ensino Médio. Isso significou desenvolver a pesquisa considerando situações de ensino que se desenvolveram durante o horário de aula regular da disciplina e, embora as aulas se desenvolvessem na sala de informática sob uma dinâmica diferente daquela que costuma acontecer na sala convencional, as preocupações e situações adversas inerentes ao ambiente escolar continuavam ali.

Afinal, tão importante quanto apontar as contribuições dos OA para o ensino de Física, é investigar tais contribuições dentro do contexto de ensino de nossas escolas de Educação Básica. Mesmo diante das diferentes realidades nas instituições de ensino, este trabalho mostrou que os OA podem nos auxiliar enquanto professores de Física a desenvolver situações de ensino e aprendizagem potencialmente significativas. Diante de uma diversidade de problemas e obstáculos a enfrentar no dia a dia em sala de aula, muitos dos quais não dizem respeito apenas à Física, mas à Educação de modo geral, toda alternativa e possibilidade que apresente boas perspectivas quanto ao trabalho desenvolvido são sempre bem-vindas.

As situações vivenciadas ao longo da investigação realizada mostraram que, além das contribuições para o ensino de Física, discutidas na análise feita no capítulo anterior e retomadas no início deste capítulo final da dissertação, outros fatores bastante significativos e que merecem ser destacados foram a participação e o envolvimento dos alunos durante as aulas. A mudança na dinâmica das aulas, proporcionada pela elaboração de atividades que contemplaram a utilização dos OA, possibilitou que os alunos assumissem um papel mais ativo durante o estudo do Eletromagnetismo. Isto ocorreu não apenas durante a execução das atividades, como também nas discussões que se desenvolveram a respeito dos conceitos estudados.

Mesmo nos momentos em que uma exposição maior do professor a respeito dos conceitos e conteúdos se fez necessária, foi possível estabelecer o diálogo com os estudantes durante as explicações, algo muitas vezes raro em nossas aulas de Física. É fato que nem todos os alunos se envolveram da mesma forma, principalmente nas discussões desenvolvidas, e, muitas vezes, foi necessária a intervenção maior do professor na tentativa de que isto ocorresse. Do mesmo modo, nem todas as aulas ocorreram da mesma maneira, sendo também necessário para algumas delas um esforço maior para conseguir a atenção dos alunos. De qualquer maneira, ainda que em proporções diferentes, mudanças positivas em relação à postura dos estudantes puderam ser observadas.

Talvez o grande desafio do professor quanto às considerações feitas anteriormente seria evitar a rotina em relação à maneira como desenvolvemos nossas aulas. Nota-se um entusiasmo e interesse maior durante as primeiras aulas, mas, com o decorrer do tempo, a tendência é que isto venha a desaparecer. Por isso a importância de diferentes estratégias e possibilidades para a abordagem dos temas.

Nesta perspectiva, cabe destacar também que, ainda que o objetivo da pesquisa realizada tenha sido levantar evidências das contribuições do uso de TIC para o ensino de Física, mais especificamente de OA para o ensino de conceitos de Eletromagnetismo, a utilização das TIC não significa a solução para os problemas relacionados ao ensino da Física. Conforme dito anteriormente, trata-se de uma alternativa capaz de trazer contribuições, as quais puderam ser evidenciadas ao longo deste trabalho, da mesma forma que outras abordagens sugeridas na literatura para este fim.

Diante das considerações a respeito da trajetória docente do autor, realizadas na Introdução desta dissertação, cabe destacar que as experiências vivenciadas ao longo do Mestrado Profissional, sobretudo aquelas relacionadas à pesquisa que resultou neste trabalho e no Produto Educacional a ele associado, trouxeram grandes contribuições para o mesmo enquanto pesquisador e, principalmente, enquanto professor. Não há dúvidas de que a necessidade de mudanças e as expectativas de melhorias quanto ao trabalho em sala aula foram atendidas durante a realização desta pesquisa.

No decorrer da pesquisa, a preocupação com os processos de coleta, análise e interpretação dos dados foi acompanhada pela satisfação do professor diante das mudanças positivas observadas nas aulas. O maior envolvimento e participação dos alunos, tanto na execução das atividades propostas como nas discussões sobre os conceitos físicos estudados, constituem evidências de que é possível desenvolver situações de ensino capazes de contribuir para uma mudança de postura dos alunos, de modo a assumir uma atitude mais ativa, conforme discutido anteriormente, além de favorecerem também a aprendizagem. Ainda que tais mudanças aconteçam de forma paulatina, a possibilidade de que ocorram, por si só, já constituem boas perspectivas para o trabalho docente. E, como foi possível observar, as TIC contribuem para isso.

Considerando ainda os dados obtidos durante a pesquisa, outros elementos além daqueles aqui citados fornecem importantes apontamentos a respeito do uso de TIC durante o ensino de conceitos físicos. Entretanto, algumas escolhas se tornaram necessárias para o direcionamento e a conclusão deste trabalho. Assim, a análise de outros aspectos que emergiram dos dados coletados será realizada em trabalhos futuros.

Para finalizar, espera-se que, assim como as discussões realizadas ao longo desta dissertação, o Produto Educacional *Eletromagnetismo no Ensino Médio: Propostas de Atividades usando Objetos de Aprendizagem*, fruto da pesquisa desenvolvida (Apêndice F) possa ser útil para auxiliar o trabalho de colegas professores. Além disso, espera-se também que este estudo possa contribuir e também servir de estímulo para que novos trabalhos que investiguem a temática das TIC no ensino de Física, principalmente na Educação Básica, sejam desenvolvidos. Afinal, trata-se de um tema bastante amplo e o estudo feito e apresentado neste trabalho apresenta apenas uma pequena parte de toda a dimensão envolvida, de modo que novas pesquisas que

complementem as discussões aqui realizadas ou que contemplem outros fatores ainda não discutidos são sempre bem-vindas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, D. S. **Uma Proposta para o Ensino de Eletromagnetismo no Ensino Médio**. 2008. 181 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- ALMEIDA, C. Z. ; VIEIRA, M. B. ; LUCIANO, N. A. . Ambiente Virtual de Aprendizagem: uma proposta para autonomia e cooperação na disciplina de informática. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 12. 2001. **Anais...** Vitória, SBIE, 2001.
- ALVES, A. J. O planejamento de pesquisas qualitativas em Educação. **Caderno de Pesquisa**, 77, p. 53-61, 1991.
- ANDRADE, M. E. **O uso das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Física: uma abordagem através da modelagem computacional**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- ANNUNCIATO, C. **Lei de Faraday: Análise e Proposta para o Ensino Médio**. 2004. 131 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma Revisão da Literatura Sobre Estudos Relativos a Tecnologias Computacionais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- BORBA, M. A Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática. In: Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 27. **Anais...** Caxambu, ANPED, 2004.
- BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-213, 2002.
- BOTZER, G.; REINER, M. Imagery in physics: From physicists' practice to naïve students' learning. In J. K. Gilbert (Ed.), **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005, p. 147-168.
- BRAGA, M. M. **O Eletromagnetismo abordado de forma conceitual no Ensino Médio**. 2004. 149 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Brasília, 2000.

_____. **PCN⁺: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências Humanas e suas Tecnologias.** Brasília/D.F.: MEC – Secretaria da Educação Média e Tecnológica (SEMTEC), 2002.

CALEGARI, R. **Elaboração de Animações Gráficas para atividade de aprendizagem da Dilatação Térmica Linear no Ensino Médio.** 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2010.

CENNE, A. H. H. **Tecnologias Computacionais como Recurso Complementar no Ensino de Física Térmica.** 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

DEITEL, P.; DEITEL, H. **Java, como programar.** 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

DIEHL, A. A.; TATIM, D. C. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas.** São Paulo: Person, 2004.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de Eletromagnetismo em Física Geral. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 99-122, 2012.

FIGUEIRA, J. S. Easy Java simulations - Modelagem computacional para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 613-618, 2005.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

FLÔRES, M. L. P.; TARAPOUCO, L. M. R. Diferentes tipos de objetos para dar suporte a aprendizagem. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2008.

GARNICA, A. V. M. Algumas notas sobre Pesquisa Qualitativa e Fenomenologia. **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v. 1, n. 1, p. 114-122, 1997.

GASTALDO, L. F. **Desenvolvimento de um aplicativo hipermídia com o uso do feedback processual como recurso didático voltado ao ensino de Eletricidade no Ensino Médio.** 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** Atlas, 1999.

GILBERT, J. K. **Visualization in science education.** Dordrecht, Netherlands. Springer, 2005.

GILBERT, J. K. **Visualization: Theory and Practice in Science Education.** Dordrecht, The Netherlands. Springer, 2008.

GOBERT, J. D. Grasping leveraging technology and cognitive theory on visualization to promote students' learning. In J. K. Gilbert (Ed.), **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005, p. 73-90.

GONÇALVES, L. J. **Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no Ensino Médio**. 2005. 97 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GONZALES, E. G. **Aprendizagem Significativa e Mudança Conceitual: utilização de um ambiente virtual para o ensino de Circuitos Elétricos na Educação de Jovens e Adultos**. 2011. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

GRECA, I. M.; SANTOS, F. M. T. Dificuldades da Generalização das estratégias de Modelação em Ciências: o caso da Física e da Química. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, p. 31-46, 2005.

GUERRA, A; REIS, J. C.; BRAGA, M. Uma Abordagem Histórico-Filosófica para o Eletromagnetismo no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2, p. 224-231, 2004.

GUERRA, V. L. F.; CATELLI, K. B. M. F; LIBARDI, H.; DAMO, I. S. Determinação dos Coeficientes de Atrito Estático e Cinético utilizando-se a Aquisição Automática de Dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 146-149, 2002.

HAMMEL, A. **Uso de um hipertexto baseado em simulação e vídeo no ensino dos conceitos de calor e temperatura em nível médio**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2010.

HECKLER, V. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica**. 2004. 229 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

KENSKI, V. N. **Educação e Tecnologias: O Novo Ritmo da Educação**. Campinas: Papirus, 2007.

Learning Technology Standards Committee (LTSC). **Draft Standard for Learning Object Metadata** (IEEE 1484.12.1-2002). Julho de 2002. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2011.

LOCATELLI, S. W. **Análise da manifestação de elementos de metavisualização na aprendizagem de Química**. 2011 155 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LOCATELLI, S. W.; FERREIRA, C.; ARROIO, A. Metavisualização: uma habilidade importante no ensino de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15. 2010, Brasília. **Anais...** Brasília: ENEQ, 2010.

LUDKE, M. O professor, eu saber e sua pesquisa. **Educação & Sociedade**, n. 74, p. 77-96, 2001.

LUNELLI, G. B. **Atividades baseadas em animação e simulação computacional no ensino-aprendizagem de cinemática em nível médio**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática) – Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2010.

MACÊDO, J. A. **Simulações Computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de Eletromagnetismo: Elaboração de um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio**. 2009. 137 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MACÊDO, L. N. et al. Desenvolvendo o pensamento proporcional com o uso de um objeto de aprendizagem. In: PRATA, C. L.; NASCIMENTO, A. C. A. A. (org.). **Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico**. Brasília: MEC, SEED, 2007, p. 17-26. Disponível em: < <http://rived.mec.gov.br/artigos/livro.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

MARTINI, M. G. A. **O conhecimento físico e sua relação com a matemática: um olhar voltado para o ensino médio**. 2006. 152 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D.; BRITO, G. S. O Ensino de Física e as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: uma análise da produção recente. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19. 2011, Manaus. **Anais...** Manaus: SNEF, 2011.

MARTINS, C. A. G. **O uso de simuladores computacionais nos processos de ensino-aprendizagem de eletricidade: um estudo com alunos da terceira série do Ensino Médio**. 2008. 120 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2008.

MARTINS, C. O. **O Uso de Objetos de Aprendizagem (OA) em Ensino de Ciências**. 2010. 150 f. Dissertação. (Programa de Pós graduação em Ensino de Ciências). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MIRANDA JÚNIOR, M. R. . **Introdução ao uso da Informática no ensino de Física no Ensino Médio**. 2005. 79 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MIRANDA, M. S.; ARANTES, A. R.; STUDART, N. Objetos de Aprendizagem no Ensino de Física: usando simulações do PhET. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19. 2011, Manaus. **Anais...** Manaus: SNEF, 2011.

MOREIRA, C. A. O. **Ambiente Virtual Interativo no ensino de Ciências: uma abordagem sociocultural**. 2009. 153 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MOREIRA, M. A. Investigación en Educación em Ciencias: Métodos Cualitativos. In: PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 4. 2002, Burgos. **Actas...** Burgos: PIDECE, 2002.

MOSSMANN, V. L. F.; CATELLI, K. B. M. F.; LIBARDI, H.; DAMO, I. S. Determinação dos Coeficientes de Atrito Estático e Cinético utilizando-se a Aquisição Automática de Dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 146-149, 2002.

PAZ, A. M. **Atividades Experimentais e Informatizadas: Contribuições para o Ensino de Eletromagnetismo**. 2007. 228 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

PEDROSO, L. S. **O Ensino de Conceitos de eletromagnetismo: simulações interativas em Easy Java Simulations**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

PEREIRA, J. A. **Fenômenos Eletromagnéticos e sua visualização: um obstáculo de aprendizagem**. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

PEREIRA, M. M.; AGUIAR, C. E. O computador como cronômetro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19. 2011, Manaus. **Anais...** Manaus: SNEF, 2011.

PIETROCOLA, M. A Matemática como Estruturante do Conhecimento Físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 89-109, 2002.

PINHEIRO, T. F.; PIETROCOLA, M.; ALVES FILHO, J. P. Modelização de variáveis: Uma maneira de caracterizar o papel estruturador da matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis/Brasília: Editora da UFSC/INEP, 2001, v. 1, p. 23-45.

PINTO, M. M. **A utilização de instrumentos musicais e aparatos computacionais como estratégia de promoção da Aprendizagem Significativa no Campo Conceitual da Física Ondulatória, na Educação de Jovens e Adultos**. 2010. 176 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

PIRES, A. M.. **Tecnologias de informação e comunicação como meio de ampliar e estimular o aprendizado de Física**. 2005. 97 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

RAPP, D. Mental Models: Theoretical issues for visualizations in science education. In J. K. Gilbert (Ed.), **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005, p. 43-60.

RAPP, D. N. & KURBY; C. A. The ‘Ins’ and ‘Outs’ of Learning: Internal Representations and External Visualizations. In. GILBERT, J. K. (Ed.) **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Dordrecht, The Netherlands. Springer, 2008, p. 29-54.

REZENDE, F. ; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em Ensino de Física: Novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 316-337, 2005.

REZENDE, F. ; OSTERMANN, F.; FERRAZ, G. Ensino-Aprendizagem de física no nível médio: o estado de arte da produção acadêmica no século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 1-8, 2009.

RODRIGUES, E. V. **Aprendizagem da Lei da Gravitação Universal com Uso de Hipermídia de abordagem Histórica**. 2008. 212 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROSA, P. R. S. O Uso de Computadores no Ensino de Física. Parte I: Potencialidades e Uso Real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 182-195, 1995.

SALES, G. L.; VASCONCELOS, F. H. L.; CASTRO FILHO, J. A. C.; PEQUENO, M. C. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 1-13, 2008.

SANTOS NETO, E. S.; SASSERON, L. H.; PIETROCOLA, M. “Como usar objetos de aprendizagem” em aulas de Ciências: articulações entre teoria e prática na formação à distância de multiplicadores. **Experiência em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 83-92, 2009.

SANTOS, C. F. R. **Educação Tecnológica no Ensino de Física: análise de uma experiência didática utilizando objetos tecnológicos**. 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2002.

SANTOS, S. C.. **A produção matemática em um ambiente virtual de aprendizagem: o caso da geometria euclidiana espacial**. 2006. 145 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

SETUVAL, F. A. R. BEJARANO, N. R. R. Os modelos didáticos com conteúdos de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de Ciências e Biologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7. 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENPEC, 2011.

SETUVAL, F. A. R. Os modelos didáticos com conteúdos de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de Ciências e Biologia. In:

ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7. 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENPEC, 2011.

SILVA, E. L. **Uma experiência de uso de objetos de aprendizagem na Educação Presencial: ação-pesquisa num curso de sistemas de informação.** 2006. 145 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SILVA, E. W. F. M. **LEDVI, Laboratório Virtual Interativo: Análise de uma Atividade de Hidrostática.** 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Fundação Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

SILVA, L. F. **Uma experiência didática de inserção do microcomputador como instrumento de medida no laboratório de Física do Ensino Médio.** 2005. 144 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVA, M. S. **Simulação virtual como facilitadora da Aprendizagem Significativa de Fenômenos Científicos: uma Aplicação à Óptica Geométrica no Estudo da Refração em Nível de Ensino Médio.** 2009. 167 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SILVA, R. S. **Objetos de Aprendizagem para Educação a Distância: Recursos para ambientes virtuais de aprendizagem.** São Paulo: Novatec, 2011. 142 p.

SOUSA, J. M. **O Perfil do Ensino de Física do Ensino Médio na cidade de Itajubá: Fundamentos para a Licenciatura.** 2005. 67 f. Trabalho de conclusão de curso (Física Licenciatura) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2005.

SOUSA, J. M.; MALHEIROS, A. P. S; FIGUEIREDO, N. **Objetos de Aprendizagem e o Ensino de Física: as potencialidades do uso de simulações para o estudo de conceitos de Eletromagnetismo.** In: Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância, 9. 2012, Recife. **Anais...** Recife: ESUD, 2012.

SOUZA FILHO, G. F. **Simuladores Computacionais para o Ensino de Física Básica: uma discussão sobre produção e uso.** 2010. 86 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA, A.; AGUIAR, C. **Observando Ondas Sonoras.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12. 2010, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: EPEF, 2010.

STENSMANN, B. H. W. **A utilização de novas Tecnologias de informação e Comunicação como Instrumento Potencializador visando proporcionar uma aprendizagem mais significativa em Física dos Fluidos.** 2005. 160 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 18, n. 2, p. 4-16, 2010.

TRIVIÑOS, A. N. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo: Atlas, 2009.

UTTAL, D. H. & O' DOHERTY, K. Comprehending and Learning from 'Visualizations': A Developmental Perspective. In: GILBERT, J. K. (Ed.) **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Dordrecht, Springer, 2008, p. 53-72.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 87-96, 2002.

WERLANG, R. B. **O uso de Novas Tecnologias no Ensino de Física dos Fluidos, aplicado em escolas técnicas**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

WILEY, D. A. Connection learning objects to instructional theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In: WILEY, D. A. **The instructional use of learning objects**. Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology: 2000. p. 3-23. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de Experiências como Ferramenta de Demonstração Virtual em Aulas de teoria de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 215-225, 2001.

Apêndice A – Termo de Autorização



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
 Criada pela Lei 10.435 - 24/04/2002

AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, RG _____, autorizo a participação nas filmagens na sala de aula e no laboratório de informática do meu filho _____, regularmente matriculado no 3º CA, na EE Profª Maria Amália de Magalhães Turner. Também declaro para os devidos fins que cedo os direitos dessas filmagens, tanto as imagens como o áudio, para integrar um trabalho acadêmico, podendo ser usadas integralmente ou em partes, sem restrições de prazos e citações, desde a presente data. Por fim, declaro estar ciente de que as filmagens das aulas, assim como a sua divulgação, serão utilizados para uma pesquisa acadêmica sobre o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de Física, a ser desenvolvida pelo Prof. José Mauro de Sousa, professor da referida unidade escolar e aluno do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, da Universidade Federal de Itajubá.

Guaratinguetá, ____ de _____ de 2012.

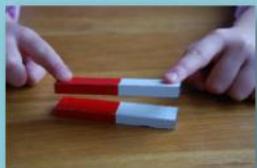
 Assinatura



SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
 COORDENADORIA DE ENSINO DO INTERIOR
 DIRETORIA DE ENSINO – REGIÃO DE GUARATINGUETÁ

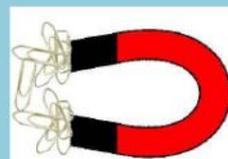


Apêndice B – Texto “Ímãs e Interações”



Ímãs e interações

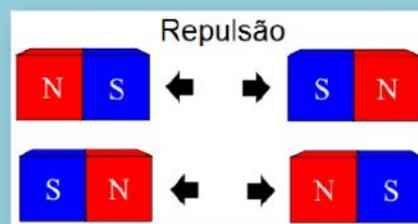
O que torna um ímã um objeto tão intrigante é o fato de ele ser capaz de atrair outros corpos e interagir com outros ímãs. Se você já explorou os ímãs, deve ter percebido que eles podem atrair vários objetos (clipes, alfinetes, etc) e podem tanto atrair como repelir outros ímãs, dependendo da posição em que se encontram.



Ímãs e interações

Com relação aos ímãs, podemos afirmar que:

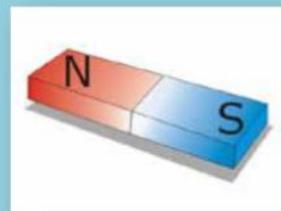
- Os ímãs têm dois polos, conhecidos como norte e sul;
- Polo norte atrai polo sul e vice-versa;
- O polo norte repele outro polo norte, assim como o polo sul repele outro polo sul;





Ímãs e interações

- Qualquer um dos polos de um ímã pode atrair outros materiais;
- Sob determinadas condições, um ímã pode imantar outros corpos.



Em geral, utilizam-se os termos **imantação** (ou **magnetização**) e **imantado** como forma de dizer que um corpo adquiriu propriedades, temporárias ou permanentes de um ímã.

Existem várias classificações para organizar os diversos tipos de materiais magnéticos. Embora a lista seja grande, a maioria desses objetos tem ferro em sua composição. Assim, como uma primeira classificação, definimos dois grupos:

- **Ferromagnéticos:** materiais fortemente atraídos por ímãs;
- **Não ferromagnéticos:** materiais que não são fortemente atraídos por ímãs.



Composição dos ímãs

Os ímãs encontrados na natureza são rochas de material ferromagnético compostos de magnetita (tetróxido de triferro, Fe_3O_4).



Composição dos ímãs

Dois processos podem ter imantado estas rochas. As encontradas em jazidas subterrâneas, minas de ferro ou depósitos expostos em decorrência do intemperismo (fenômenos físicos e químicos que levam à degradação e enfraquecimento das rochas) adquiriram magnetização por serem aquecidas e resfriadas sob a ação do campo magnético terrestre. Já as encontradas próximas à superfície foram imantadas por serem atingidas por uma forte corrente elétrica produzida por um raio.

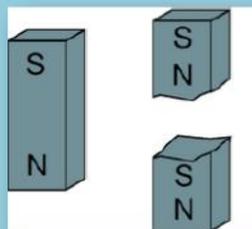


Os materiais que se imantam com grande facilidade são basicamente aqueles compostos de ferro. Certas ligas de ferro permitem a fabricação de bons ímãs permanentes. Uma dessas ligas é o ALNICO, composto de ferro, alumínio, níquel, cobre e cobalto. No entanto, nem tudo o que contém ferro é magnetizável. Por exemplo, certos tipos de aço inoxidáveis, que possuem 74 % de ferro em sua composição, não apresentam propriedade magnética.



Monopolo Magnético?

Quando quebramos um ímã em duas partes temos dois novos ímãs. E cada ímã sempre terá pelo menos dois polos, norte e sul. Se por algum motivo quisermos separar o polo norte do polo sul, perceberemos que isso não é possível. Inúmeras experiências comprovam que é impossível obter um ímã com apenas um polo, norte ou sul, mesmo que se divida um ímã em um grande número de pedaços.



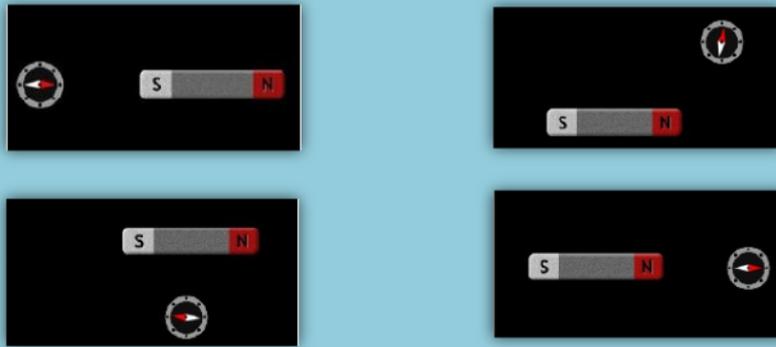
Bibliografia:

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos 3.** Eletricidade e Magnetismo, Ondas Eletromagnéticas, Radiação e Matéria. São Paulo: FTD, 2010.

Apêndice C – Texto “Campo Magnético”

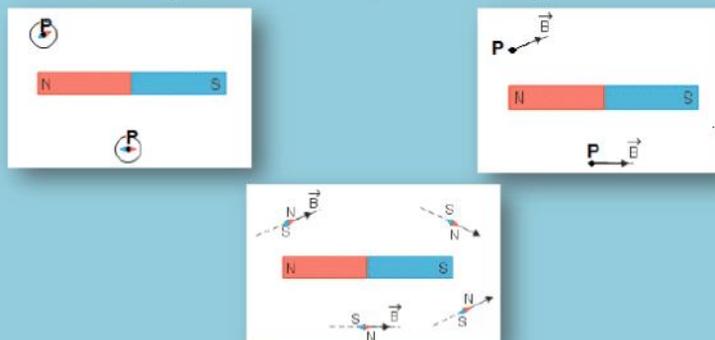
Campo Magnético

Quando aproximamos um ímã de uma agulha magnética verificamos que a agulha sofre um desvio.



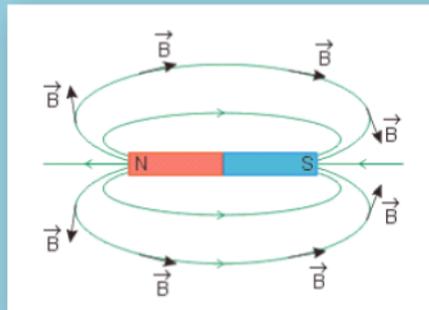
Isso porque o ímã modifica, de algum modo, as propriedades dos pontos do espaço que o envolve. Dizemos que ele origina nesse espaço um **campo magnético**. Para medir a ação do ímã, associamos a cada ponto do campo, uma grandeza vetorial denominada **vetor indução magnética** ou simplesmente **vetor campo magnético**, representado por \vec{B} .

Colocada num ponto P de um campo magnético, uma agulha magnética assume uma certa posição de equilíbrio. A direção do vetor \vec{B} em P é aquela em que se dispõe a agulha magnética e o sentido de \vec{B} é aquele onde seu polo norte aponta.



Linhas de Indução Magnética

A cada ponto do campo magnético associa-se um vetor campo magnético \vec{B} . As linhas que tangenciam o vetor \vec{B} em cada ponto são chamadas de **linhas de indução** ou **linhas de campo**.

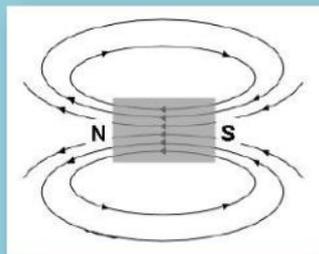


O conceito de linhas de indução foi proposto pelo físico inglês Michael Faraday (1791-1867), o qual utilizava o termo **linhas de força** (a mudança do nome se deve ao fato de que as linhas representam o campo magnético e não a força magnética, cuja direção não é a mesma do campo).

Podemos associar as linhas de indução à imagem do modo como limalhas de ferro se distribuem ao redor de objetos imantados ou à direção assumida pela agulha de uma bússola quando esta é colocada em diferentes pontos do espaço ao redor do ímã.

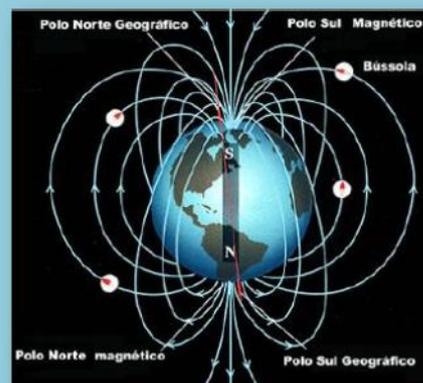


As representações das linhas indicam também a localização dos polos norte e sul do ímã, assim como a sua intensidade. Esse sentido é indicado com flechas que convencionalmente apontam do sul para o norte dentro do ímã e do norte para o sul, fora do ímã. Quanto à intensidade do vetor campo magnético, quanto mais próximo dos polos do ímã maior é o seu valor.



O campo magnético terrestre

Sabemos que a agulha imantada de uma bússola orienta-se aproximadamente na direção norte-sul geográfica do local. Isso indica que existe um campo magnético criado pela Terra na direção em que a agulha da bússola se orienta. É o **campo magnético terrestre**. Em seu livro *De magnete* (Sobre o ímã), publicado em 1600, William Gilbert (1544-1603), explicando a direção que as agulhas adquirem, afirma que "o próprio globo terrestre é um grande ímã". De fato, podemos associar a Terra a um grande ímã, com o polo sul magnético aproximadamente no norte geográfico e o polo norte magnético aproximadamente no sul geográfico.



Bibliografia:

- PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos 3**. Eletricidade e Magnetismo, Ondas Eletromagnéticas, Radiação e Matéria. São Paulo: FTD, 2010.
- TORRES, C. M. et al. **Física, Ciência e Tecnologia 3**. Eletromagnetismo, Física Moderna. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

Apêndice D

FICHAS DE ATIVIDADES

Ficha de Atividades 01: questionamentos iniciais a respeito do magnetismo.

Questões iniciais

Discuta com seus colegas a respeito dos seguintes questionamentos e anote as conclusões dos grupos:

- Para que serve uma bússola?

- Você saberia explicar em que está baseado o seu funcionamento?

- Você conhece algo capaz de interferir no funcionamento de uma bússola? O quê?

Ficha de atividades 02: observação da interação entre ímãs e bússolas a partir do OA.

Atividade 1 – Interações entre Ímãs e Bússolas

Ao acessar o simulador *Laboratório de Eletromagnetismo*, você observará na janela inicial uma bússola próxima de um ímã em forma de barra e, a sua direita, alguns ícones que alteram os elementos que podem ser visualizados na tela. Mova o ponteiro do ícone *intensidade* para a posição **zero** (0 %) e deixe selecionados apenas o ícone *Mostrar Bússola*, conforme pode ser observado na figura a seguir:



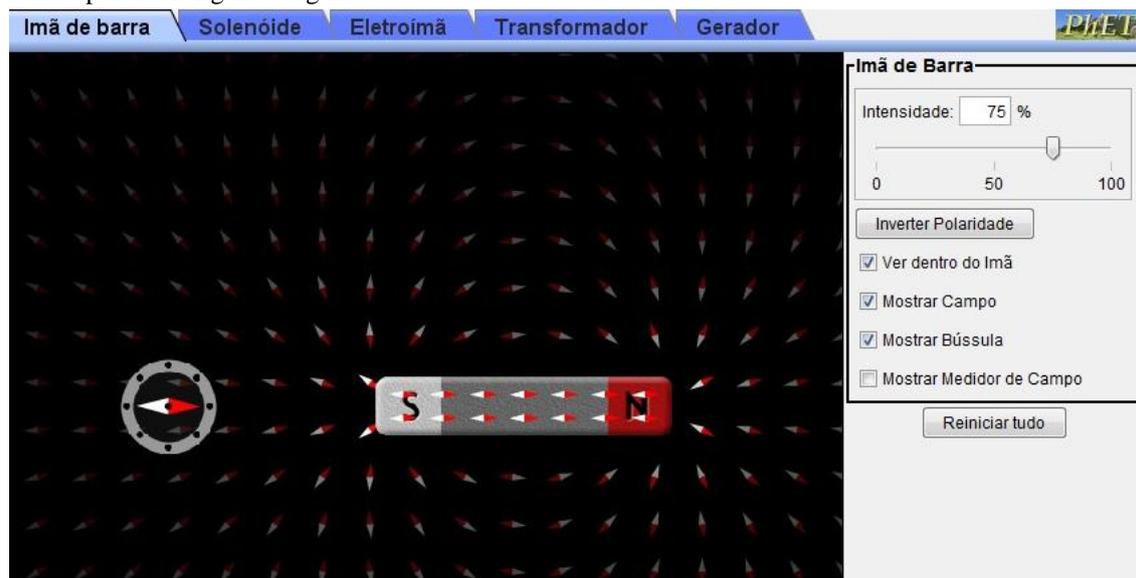
Mova a bússola ao redor do ímã e observe o que acontece: houve alguma mudança em relação à direção da agulha? Descreva o que você observou.

Altere, agora, a posição do ponteiro do ícone *intensidade* e mova também a bússola para diferentes posições ao redor do ímã, observando atentamente o que acontece. Faça isso para diferentes posições entre 0 % e 100 %. (*Sugestão: faça as suas observações utilizando os valores, 5 %, 25 %, 50 % e 100 %*). O que aconteceu desta vez? Descreva o que você observou e levante algumas hipóteses procurando explicar o que foi observado nessa atividade.

Ficha de atividades 03: observação das linhas de campo a partir do OA.

Atividade 2 – As linhas de campo

Deixe selecionados os ícones *Ver dentro do ímã*, *Mostrar Campo* e *Mostrar Bússola*, assim como aparece na figura a seguir:



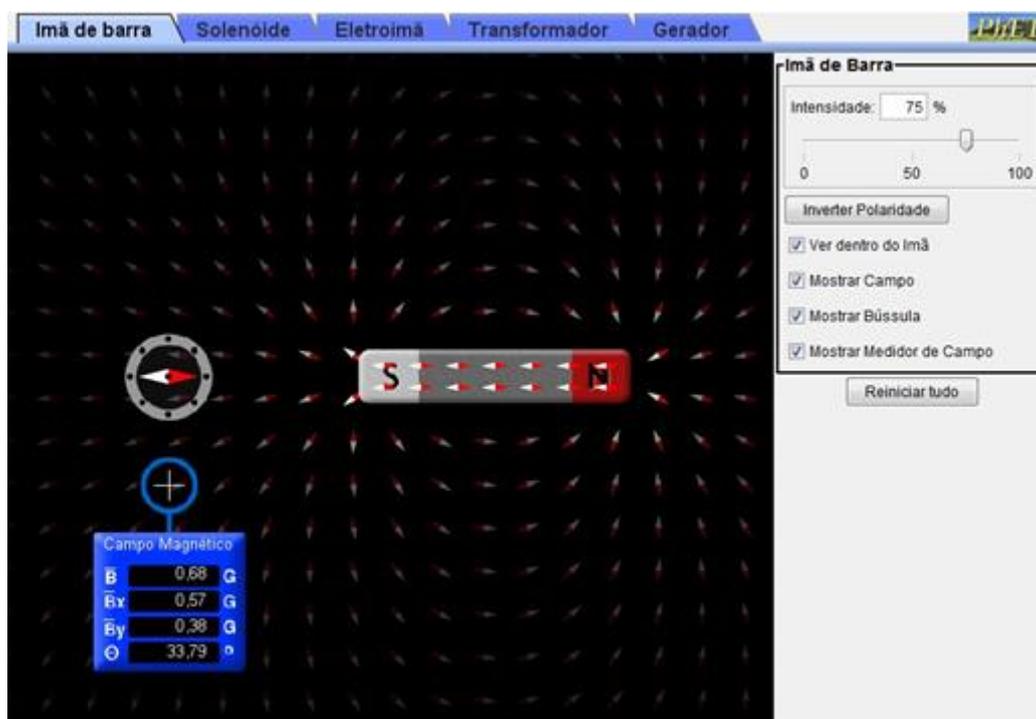
Como você pode observar, uma nova imagem se forma na tela. Desloque a bússola para diferentes posições ao redor do ímã e observe atentamente a direção da agulha. O que podemos verificar a respeito da direção da agulha da bússola em relação à nova imagem formada? Descreva o que você observou.

Inverta, agora, a posição do ímã clicando no ícone *Inverter Polaridade*. Quais mudanças ocorreram? Descreva o que você observou.

Ficha de atividades 04: observação da intensidade do campo magnético ao redor do ímã.

Atividade 3 – A intensidade do Campo Magnético

Selecione também o ícone *Mostrar Medidor de Campo*, obtendo uma nova configuração na tela, como aparece na figura a seguir:



Desloque lentamente o medidor de campo para diferentes posições e observe atentamente o valor do campo magnético¹. Faça isso para pontos mais afastados, pontos mais próximos e pontos sobre o ímã e, em seguida, descreva as suas observações:

¹ No Sistema Internacional de Unidades a intensidade do campo magnético é expressa em *tesla* (T), mas a simulação utilizada apresenta a medida em *gauss* (G), unidade referente ao sistema CGS (sistema de medidas em que as unidades-base são o centímetro para o comprimento, o grama para a massa e o segundo para o tempo): $1\text{ G} = 10^{-4}\text{ T}$.

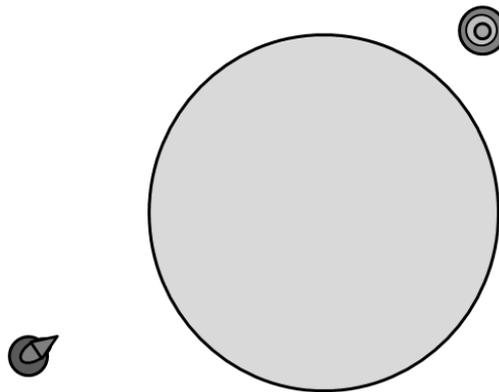
Ficha de atividades 05: observação inicial da trajetória de uma carga elétrica na região de campo magnético perpendicular ao seu movimento

Atividade 4 – Movimento de Cargas Elétricas no interior de um Campo Magnético Uniforme

Atividade 4.1

Clique no botão *mostrar/ocultar alvo* e, em seguida, no *lançador de partículas*. A ideia aqui é tentar acertar a partícula lançada no alvo. Assim, caso ache necessário, mude o valor do ângulo de lançamento.

Você conseguiu acertar o alvo? O que aconteceu? Descreva a trajetória da partícula lançada antes de passar na região de campo magnético, a sua trajetória no interior da região de campo e a sua trajetória após sair dessa região.



Ficha de atividades 06: observação da trajetória da partícula lançada antes de passar pela região de campo magnético.

Atividade 4.2

Compare agora a trajetória da partícula considerando o seu deslocamento sem passar pela região de campo magnético com a trajetória da partícula ao se deslocar apenas no interior do campo magnético. Para isso, siga os procedimentos a seguir:

Deslocamento da partícula fora da região de Campo Magnético

Faça dois lançamentos mantendo a direção do lançador sob um ângulo de 90° : o primeiro lançamento deverá ser para uma carga q de valor 1×10^{-12} C (valor mínimo no simulador) e o segundo para uma carga q de 5×10^{-12} C (valor máximo no simulador). Em todos os lançamentos estabeleça o valor de 5 T para o campo magnético B (valor máximo no simulador) e mantenha os outros parâmetros do simulador sem sofrer alterações. Utilize a figura a seguir para representar a trajetória da partícula nos dois casos:

$V = 4 \times 10^4$ m/s $ang = 90^\circ$ $q = 1 \times 10^{-12}$ C $B = 5$ T $m = 3 \times 10^{-18}$ kg	$V = 4 \times 10^4$ m/s $ang = 90^\circ$ $q = 5 \times 10^{-12}$ C $B = 5$ T $m = 3 \times 10^{-18}$ kg
Raio = _____ m	Raio = _____ m

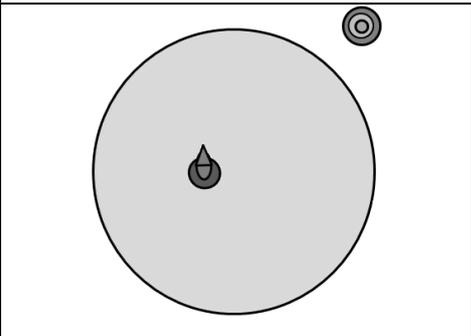
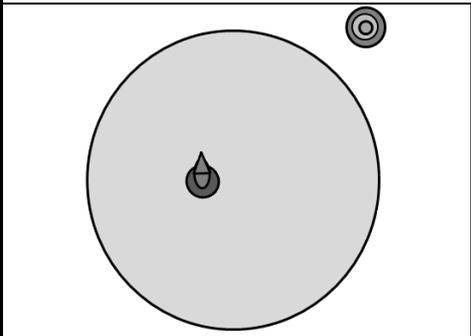
Descrevas as suas observações para os lançamentos realizados. Que tipo de trajetória foi observado neste caso? Que mudanças ocorreram quando o valor da carga elétrica é aumentado?

Ficha de atividades 07: observação da trajetória da partícula lançada ao passar pelo interior da região de campo magnético.

Atividade 4.2 (Continuação)

Deslocamento da partícula no interior da região de Campo Magnético

Repita os procedimentos do item anterior colocando, agora, o lançador de partículas próximo ao centro do campo magnético, conforme a figura a seguir:

$V = 4 \times 10^4 \text{ m/s}$ $\text{ang} = 90^\circ$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$	$V = 4 \times 10^4 \text{ m/s}$ $\text{ang} = 90^\circ$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$
$q = 1 \times 10^{-12} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$
Raio = _____ m	Raio = _____ m
	
<p>Atenção: Neste último lançamento é importante que a partículas permaneça apenas no interior do campo magnético. Caso isso não ocorra, coloque o lançador em outras posições próximas ao centro e faça novos lançamentos até obter a situação desejada.</p>	

Descrevas as suas observações para os lançamentos realizados. Que tipo de trajetória foi observado neste caso? Que mudanças ocorreram quando o valor da carga elétrica é aumentado?

Ficha de atividades 09: comparação das trajetórias no movimento de partículas de natureza oposta.

Atividade 4.4

Compare, agora, a trajetória da partícula quando sua carga elétrica é alterada. Para isso, coloque o lançador em sua posição inicial fora da região de campo magnético e selecione o valor 30° para o ângulo. Faça então um lançamento para a partícula com carga positiva (\oplus) e observe o que acontece. Faça um segundo lançamento para a partícula com carga negativa (\ominus). Registre na figura a seguir a trajetória da partícula nas duas situações:

$V = 4 \times 10^4 \text{ m/s}$ $\text{ang} = 30^\circ$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$	$V = 4 \times 10^4 \text{ m/s}$ $\text{ang} = 30^\circ$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$
Raio = _____ m		Raio = _____ m	

Qual a diferença observada entre o movimento realizado pela partícula de carga positiva e o movimento da partícula com carga negativa nos lançamentos realizados? Descreva as suas observações.

Ficha de atividades 10: observação da influência do sentido de atuação do campo magnético sobre a trajetória da partícula em movimento.

Atividade 4.5

Faça, agora, lançamentos alterando o sentido do campo magnético. Registre na figura a seguir a trajetória de uma partícula com carga negativa no interior do campo magnético quando o sentido deste é saindo do plano (\odot). Em seguida faça outro lançamento para a partícula alterando o sentido do campo magnético. Nesta nova situação, o campo magnético estará entrando no plano (\otimes).

$V = 4 \times 10^4 \text{ m/s}$ $\text{ang} = 30^\circ$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$	$V = 4 \times 10^4 \text{ m/s}$ $\text{ang} = 30^\circ$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$
Raio = _____ m		Raio = _____ m	

Qual a diferença observada entre o movimento realizado pela partícula nos dois casos? Descreva as suas observações.

Ficha de atividades 11: comparação da influência da velocidade da partícula em movimento na trajetória descrita por ela.

Atividade 4.6

Verificaremos, agora, o comportamento da partícula lançada, alterando alguns parâmetros da simulação. Mas atenção: *apenas um dos parâmetros será mudado! Além disso, os valores do ângulo de lançamento, o sinal da carga da partícula e o sentido do campo magnético serão sempre os mesmos para todos os lançamentos. Lembre-se também de que o ângulo de lançamento e a posição do lançador de partícula devem ser tais que garantam que a partícula passe pela região de campo magnético.*

Começaremos comparando a trajetória da partícula lançada com diferentes velocidades. Para isso faça 5 lançamentos alterando apenas a velocidade da partícula entre o valor mínimo e o valor máximo possível e mantendo os demais parâmetros conforme é indicado nas figuras abaixo. Observe atentamente a trajetória da partícula durante cada lançamento, anote o valor da velocidade estabelecida, do raio e faça um esboço da trajetória observada em cada caso:

$V = _ \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-13} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ Raio = _____ m	$V = _ \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-13} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ Raio = _____ m
$V = _ \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-13} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ Raio = _____ m	$V = _ \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-13} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ Raio = _____ m
$V = _ \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-13} \text{ C}$ $B = 5 \text{ T}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ Raio = _____ m	<p>O que aconteceu com o raio de curvatura da trajetória da partícula no interior da região onde há a atuação do campo magnético? Descreva as suas observações.</p> <hr/>

Ficha de atividades 12: comparação da influência da carga da partícula em movimento na trajetória descrita por ela

Atividade 4.7

Mantendo a velocidade sempre em $7 \times 10^4 \text{ m/s}$, a massa com valor $3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ e a intensidade do campo magnético igual a 5 T , faça 5 lançamentos alterando apenas a carga da partícula entre os valores mínimo e máximo. Anote as suas observações. Observe e anote o que aconteceu em cada lançamento.

$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = \underline{\hspace{1cm}} \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = 5 \text{ T}$ Raio = <u> </u> m	$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = \underline{\hspace{1cm}} \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = 5 \text{ T}$ Raio = <u> </u> m
$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = \underline{\hspace{1cm}} \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = 5 \text{ T}$ Raio = <u> </u> m	$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = \underline{\hspace{1cm}} \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = 5 \text{ T}$ Raio = <u> </u> m
$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = \underline{\hspace{1cm}} \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = 5 \text{ T}$ Raio = <u> </u> m	<p>O que aconteceu com o raio de curvatura da trajetória da partícula? Descreva o que observou.</p> <hr/>

Ficha de atividades 13: atividades para observação da influência da intensidade do campo magnético na trajetória da partícula em movimento.

Atividade 4.8

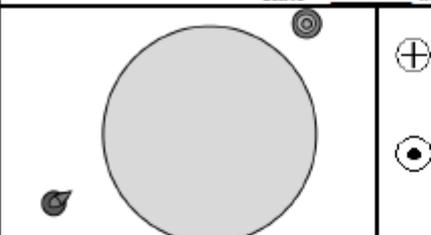
Mantendo, agora, a velocidade sempre em $7 \times 10^4 \text{ m/s}$, a massa com valor $3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ e a carga elétrica igual a $5 \times 10^{-12} \text{ C}$, faça 5 lançamentos alterando apenas a intensidade do campo magnético entre os valores mínimo e máximo. Observe e anote o que aconteceu com o raio de curvatura da trajetória em cada caso.

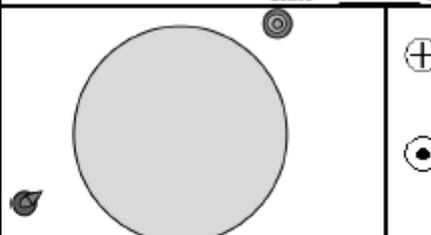
$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = \text{---} \text{ T}$ <hr/> Raio = _____ m	$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = \text{---} \text{ T}$ <hr/> Raio = _____ m
$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = \text{---} \text{ T}$ <hr/> Raio = _____ m	$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = \text{---} \text{ T}$ <hr/> Raio = _____ m
$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$ $q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$ $m = 3 \times 10^{-18} \text{ kg}$ $B = \text{---} \text{ T}$ <hr/> Raio = _____ m	<p>O que aconteceu com o raio de curvatura da trajetória da partícula desta vez? Descreva suas observações.</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

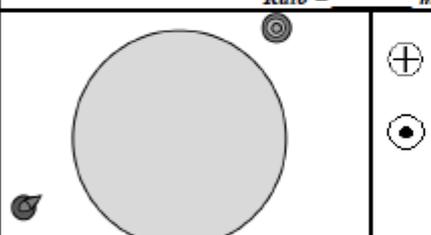
Ficha de atividades 14: atividades para comparação da influência do valor da massa da partícula em movimento na sua trajetória.

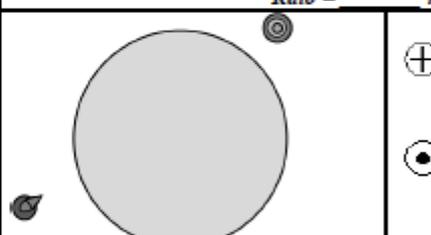
Atividade 4.9

Finalmente, mantendo a velocidade sempre em $7 \times 10^4 \text{ m/s}$, a carga elétrica igual a $5 \times 10^{-12} \text{ C}$ e a intensidade do campo magnético igual a 5 T , faça 5 lançamentos alterando apenas a massa da partícula entre os valores mínimo e máximo. Anote suas observações.

$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$
$m = \text{---} \times 10^{-18} \text{ kg}$	$B = 5 \text{ T}$
Raio = m	
	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">+</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">•</div> </div>

$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$
$m = \text{---} \times 10^{-18} \text{ kg}$	$B = 5 \text{ T}$
Raio = m	
	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">+</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">•</div> </div>

$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$
$m = \text{---} \times 10^{-18} \text{ kg}$	$B = 5 \text{ T}$
Raio = m	
	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">+</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">•</div> </div>

$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$
$m = \text{---} \times 10^{-18} \text{ kg}$	$B = 5 \text{ T}$
Raio = m	
	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">+</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">•</div> </div>

$V = 7 \times 10^4 \text{ m/s}$	$q = 5 \times 10^{-12} \text{ C}$
$m = \text{---} \times 10^{-18} \text{ kg}$	$B = 5 \text{ T}$
Raio = m	
	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">+</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">•</div> </div>

O que aconteceu com o raio de curvatura da trajetória da partícula à medida que foram feitas alterações no valor de sua massa? Descreva suas observações.

Ficha de atividades 16: questão a respeito da dependência da força magnética em relação aos parâmetros investigados na sequência de atividades realizada.

QUESTÃO 2: Quando uma partícula é lançada com velocidade perpendicular à direção do campo magnético uniforme, como aconteceu no caso das simulações realizadas, ela irá realizar um movimento circular uniforme. Isso acontece porque a existência do campo magnético determina a ação de uma força magnética sobre a partícula. Considerando a trajetória circular, essa força magnética é a própria força centrípeta:

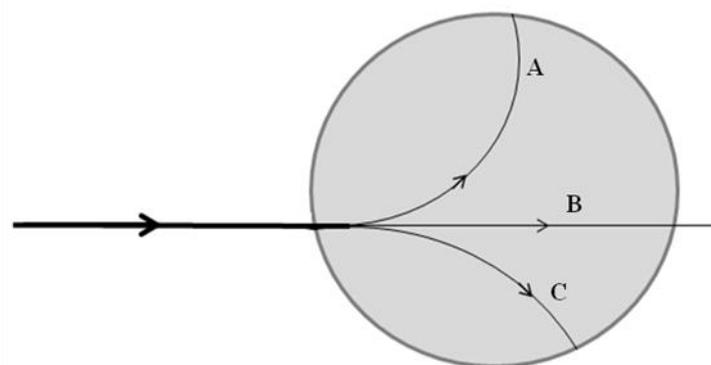
$$F_M \equiv F_{cp} = m \cdot \frac{V^2}{R}$$

Você sabe que quanto maior for o raio de curvatura da trajetória da partícula, menor será a força centrípeta. Sendo assim, de que forma varia a intensidade da força magnética sobre a partícula em função das variáveis analisadas durante a simulação: velocidade da partícula (v), valor da carga (q), massa da partícula (m) e intensidade do campo magnético (B)?

Ficha de atividades 17: exercício a respeito dos conceitos de Eletromagnetismo estudados durante a sequência de atividades com uso do OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético.*

Exercício 1

Um feixe de partículas, todas com a mesma velocidade, constituído por elétrons, prótons e nêutrons penetra em uma região onde atua um campo magnético perpendicular a sua direção, dando origem a três feixes distintos devido aos desvios sofridos pelas partículas atômicas, conforme é indicada na figura a seguir:



A tabela abaixo apresenta algumas das características dessas partículas:

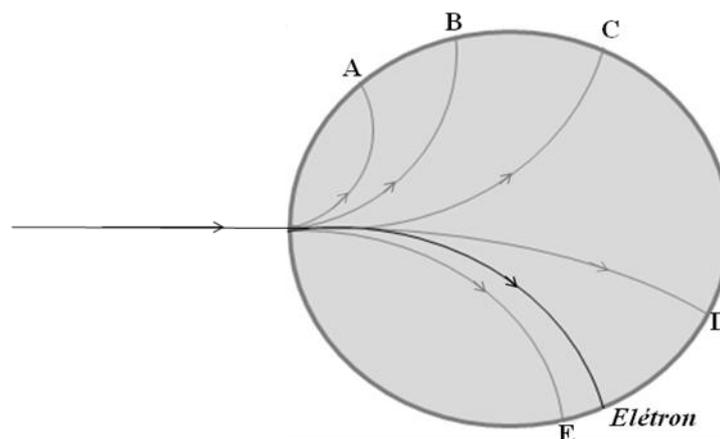
Partícula	Massa de repouso (kg)	Carga elétrica (C)
Elétron	$9,109 \times 10^{-31}$ kg	$- 1,602 \times 10^{-19}$ C
Nêutron	$1,674 \times 10^{-27}$ kg	0
Próton	$1,672 \times 10^{-27}$ kg	$+ 1,602 \times 10^{-19}$ C

Com base nas trajetórias observadas na figura e nas informações contidas na tabela, indique quais as partículas que constituem cada um dos feixes (A, B e C) e justifique a sua resposta.

Ficha de atividades 18: exercício a respeito dos conceitos de Eletromagnetismo estudados durante a sequência de atividades com uso do OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético*.

Exercício 2

Um elétron em movimento atravessa uma região de campo magnético, descrevendo a trajetória apresentada na figura abaixo. Se um pósitron, a antipartícula do elétron (possui a mesma massa e a carga elétrica com o mesmo valor, mas com sinal contrário), atravessar essa região de campo magnético, com a mesma velocidade do elétron, qual das trajetórias indicadas na figura (A, B, C, D ou E) será descrita por ele? Justifique a sua resposta.



Ficha de atividades 19: exercício a respeito dos conceitos de Eletromagnetismo estudados durante a sequência de atividades com uso do OA *Movimento de Cargas num Campo Magnético.*

Exercício 3

Considere as equações para a força centrípeta e a força magnética apresentadas a seguir:

$$F_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{R} \implies \text{Força Centrípeta}$$

$$F_M = q \cdot v \cdot B \implies \begin{array}{l} \text{Força Magnética} \\ \text{(Campo Magnético perpendicular} \\ \text{à velocidade)} \end{array}$$

Conforme discutido anteriormente, a força magnética que atua sobre a partícula é a própria força centrípeta na trajetória circular descrita pela partícula, ou seja:

$$F_{cp} = F_M$$

- a) Escreva a equação que relaciona o raio da trajetória com a massa da partícula em movimento, a velocidade, o valor de sua carga e a intensidade do campo magnético na região.

- b) Com base na equação anterior, calcule o raio da trajetória circular descrita por uma partícula nas seguintes situações:

	Situação 1	Situação 2
<i>m</i> (kg)	3×10^{-18}	2×10^{-18}
<i>v</i> (m/s)	4×10^4	3×10^4
<i>B</i> (T)	3	4
<i>q</i> (C)	2×10^{-12}	5×10^{-12}
<i>R</i> (m)	_____	_____

Ficha de atividades 21: Campo magnético gerado por correntes elétricas

Atividade 10 - Campo magnético gerado por correntes elétricas

Atividade 10.1

Acesse o simulador *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday*. Vá para a segunda pasta *Eletroímã* e, entre os ícones apresentados à direita, mantenha selecionados apenas os ícones *Mostrar bússola* e *Mostrar elétrons*. No botão de controle de voltagem anule a tensão elétrica gerada (0 V).



- Desloque a bússola para diferentes posições ao redor do circuito e observe o que acontece com o ponteiro da bússola;
- Desloque agora o botão de controle de voltagem para a direita, aumentando o valor da tensão da pilha. O que acontece com a bússola? Coloque a bússola em diferentes posições ao redor do circuito e observe atentamente o que acontecerá.

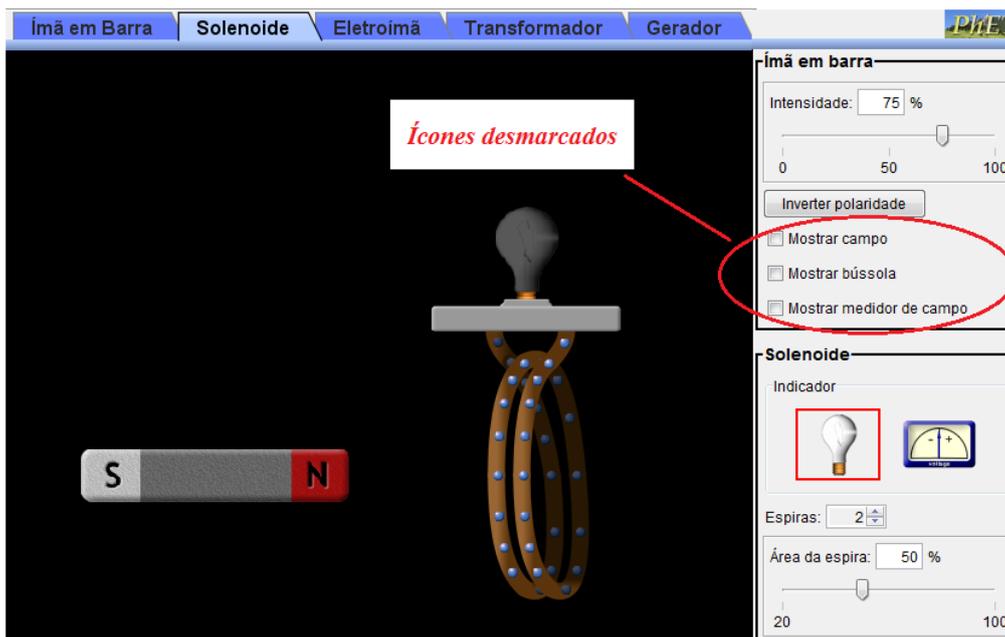
Descreva a seguir as suas observações, conforme as orientações dos itens anteriores:

Ficha de atividades 23: Corrente elétrica induzida

Atividade 11 – Corrente elétrica induzida

Atividade 11.1

Acesse o simulador *Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday* e, em seguida, a pasta *Solenoide*. Mantenha os ícones à direita (*mostrar campo*, *mostrar bússola* e *mostrar medidor de campo*) desmarcados, obtendo uma configuração semelhante à da figura a seguir:



Movimente o ímã lentamente para direita, atravessando as espiras do solenoide. Em seguida retorne lentamente com o ímã para a posição inicial. Nas duas situações observe o que acontece com a lâmpada e anote a seguir:

Repita o movimento anterior de maneira mais rápida. O que acontece?

Ficha de atividades 24: Fatores que determinam a intensidade da corrente elétrica induzida

Atividade 11.2

Mantenha, agora, a intensidade relativa do campo (ícone *intensidade*) em torno de 5% e movimente o ímã novamente. Em seguida, repita o procedimento aumentando o valor da intensidade até chegar a 100 %. De que modo a intensidade relativa do campo magnético do ímã influencia o que está acontecendo?

Altere, agora, a quantidade de espiras (ícone *espiras*) entre os valores 1 e 3 e observe as mudanças ocorridas. Em seguida, aumente a área da espira (ícone *área da espira*) e faça uma nova observação. Anote o que foi observado a seguir:

Apêndice E

QUESTIONÁRIOS

Questionário 1: Pesquisa de Opinião dos Alunos (Fase inicial da Pesquisa)

Aluno (a): _____

Pesquisa de Opinião

Caro estudante,

Este questionário tem por objetivo saber a sua opinião a respeito das aulas de Física na sala de informática e se as mesmas estão contribuindo para a sua aprendizagem. Por isso, peço que responda com o máximo de sinceridade possível as questões a seguir.

Obrigado.

Prof. Mauro

1. Qual é a sua opinião a respeito da realização das aulas de Física na sala de informática? Você está gostando? Por quê?

2. Comparando as aulas que têm sido realizadas na sala de informática com as aulas de Física na sala de aula convencional (quadro e giz e uso do caderno do aluno), quais são as suas considerações a respeito? Cite os aspectos positivos e negativos.

3. Na sua opinião, as atividades realizadas com o uso das simulações têm contribuído para a compreensão dos conceitos físicos estudados? De que forma?

Questionário 2: Pesquisa de Opinião dos Alunos (Fase Final da Pesquisa)

Aluno (a): _____

Pesquisa de Opinião

Caro estudante,

Este questionário tem por objetivo saber a sua opinião a respeito das aulas de Física na sala de informática e se as mesmas estão contribuindo para a sua aprendizagem. Por isso, peço que responda com o máximo de sinceridade possível as questões a seguir.

Obrigado.

Prof. Mauro

1. Qual é a sua opinião a respeito da realização das aulas de Física na sala de informática? Você está gostando? Por quê?

2. Comparando as aulas que têm sido realizadas na sala de informática com as aulas de Física na sala de aula convencional (quadro e giz e uso do caderno do aluno), quais são as suas considerações a respeito? Cite os aspectos positivos e negativos.

3. Na sua opinião, as atividades realizadas com o uso das simulações têm contribuído para a compreensão dos conceitos físicos estudados? De que forma?

Apêndice F – Produto Educacional resultante da pesquisa