



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS**

**O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO POR MEIO DA INTEGRAÇÃO
ENTRE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS:
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENTENDIMENTO DA INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA**

José Jorge Vale Rodrigues

Lajeado, dezembro de 2016

José Jorge Vale Rodrigues

**O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO POR MEIO DA INTEGRAÇÃO
ENTRE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS:
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENTENDIMENTO DA INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Centro Universitário Univates, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na linha de pesquisa Tecnologias, Metodologias e Recursos Didáticos para o Ensino de Ciências Exatas.

Orientador: Prof. Dr. Italo Gabriel Neide

Lajeado, dezembro de 2016

O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO POR MEIO DA INTEGRAÇÃO ENTRE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENTENDIMENTO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

José Jorge Vale Rodrigues

A banca examinadora aprova a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, Tecnologias, Metodologias e Recursos Didáticos para o Ensino de Ciências Exatas.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Italo Gabriel Neide - Orientador
Centro Universitário UNIVATES

Dr. Leonardo Albuquerque Heidemann
Avaliador 1

Dra. Miriam Ines Marchi
Avaliador 2

Dra. Marli Teresinha Quartieri
Avaliador 3

Lajeado - RS, dezembro de 2016

*Dedico este trabalho à minha mãe, Dona Rita;
ao meu pai, Seu Joaquim (in memoriam); às
minhas irmãs Maria e Lourdes, principais
responsáveis pela minha formação moral e
intelectual.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Italo Gabriel Neide por sua competente orientação a quem atribuo grande parte dos méritos pela qualidade da dissertação.

Ao Prof. Dr. Leonardo Albuquerque Heidemann pelo suporte intelectual em muitos pontos importantes do trabalho.

À Prof^a. Dra. Miriam Ines Marchi por sua predisposição em ler o trabalho e por suas considerações.

À Prof^a. Me. Pamella Tucunduva da Silva por suas contribuições intelectuais e apoio incondicional.

Ao Prof. Me. Humberto José Gama da Silva por seu incentivo e apoio fraterno.

Aos meus familiares e amigos.

À Direção de Ensino, aos coordenadores e aos alunos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, campus Palmas, por sua participação.

A todos aqueles que, de alguma forma, acreditaram em mim.

RESUMO

Esta dissertação se refere ao uso de atividades experimentais integradas a atividades computacionais no ensino de eletromagnetismo como recurso didático para a compreensão da indução eletromagnética. A pesquisa teve como problema o seguinte questionamento: como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética? Realizou-se a investigação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), localizado na cidade de Palmas, no Tocantins, com trinta alunos de quatro turmas: uma de terceiro ano e três de quarto ano do ensino médio técnico. Os objetivos específicos que serviram de base para este estudo foram identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos físicos necessários para que seja possível introduzir o tema indução eletromagnética; elaborar e desenvolver atividades experimentais e computacionais de forma integrada considerando os conhecimentos prévios dos alunos; analisar as possíveis contribuições das atividades desenvolvidas durante a prática pedagógica no ensino do conceito de indução eletromagnética e nas atitudes e motivações dos estudantes diante das aulas. A arquitetura metodológica dessa pesquisa foi construída com base nas técnicas qualitativas. Para a coleta de dados foi utilizado um questionário inicial, guias POE durante as atividades, um diário de campo, fotos, gravações de vídeo e um questionário final. As informações obtidas indicam que: a) Os alunos deixaram claro, no questionário inicial, que possuíam os conhecimentos necessários para que se pudesse introduzir o assunto de indução eletromagnética. Eles mostraram habilidade com conceitos de magnetismo, apesar de mostrarem dificuldades em conceitos que envolvem eletrodinâmica; b) O material elaborado e proposto nesta prática, os guias POE, mostrou ser eficiente, pois possibilitou promover o engajamento cognitivo e a interação entre os estudantes e com os recursos instrucionais. O material permitiu ainda a negociação de significados entre os alunos e com isso se pôde avaliar sua compreensão em relação ao conceito de indução eletromagnética; c) Os alunos mostraram mais interesse pelas aulas, além de se mostraram mais curiosos; d) Com as aulas envolvendo experimentos e simulações, os alunos passaram a participar mais, começaram a interagir, discutir e levantar questionamentos. No fim do processo de intervenção notou-se que os alunos avaliaram tal procedimento de forma positiva e que integrar experimentação real com informática para entender melhor os conceitos sobre eletromagnetismo é uma alternativa de ensino motivadora, o que os instigou à curiosidade. Dessa forma, conclui-se que integrar atividades experimentais a atividades computacionais promove engajamento dos alunos na realização de seus estudos.

Palavras chaves: Atividades experimentais. Atividades computacionais. Indução eletromagnética. Ensino de Física.

ABSTRACT

This dissertation refers to the use of experimental activities integrated to computational activities in the teaching of electromagnetism as a didactic resource for the understanding of electromagnetic induction. The research had as problem the following question: how integrated experimental and computational activities influence the attitudes and motivations of the students before the classes of electromagnetic induction? The research was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins (IFTO), located in the city of Palmas, Tocantins, with thirty students from four classes: one from third year and three from fourth year of high school. The specific objectives that served as the basis for this study were to identify the students' previous knowledge about the physical concepts necessary to introduce the subject electromagnetic induction; Elaborate and develop experimental and computational activities in an integrated way considering the previous knowledge of the students; To analyze the possible contributions of the activities developed during the pedagogical practice in teaching the concept of electromagnetic induction and in the attitudes and motivations of the students before the classes. The methodological architecture of this research was built based on qualitative techniques. For data collection, an initial questionnaire was used, POE guides during the activities, a field diary, photos, video recordings and a final questionnaire. The information obtained indicates that: a) The students made clear in the initial questionnaire that they possessed the necessary knowledge to introduce the subject of electromagnetic induction. They showed ability with concepts of magnetism, although they show difficulties in concepts that involve electrodynamics; B) The material elaborated and proposed in this practice, the POE guides, proved to be efficient, since it allowed to promote the cognitive engagement and the interaction between the students and with the instructional resources. The material also allowed the negotiation of meanings among the students and with that it was possible to evaluate their understanding in relation to the concept of electromagnetic induction; C) The students showed more interest in the classes, in addition to being more curious; D) With classes involving experiments and simulations, students started to participate more, began to interact, discuss and raise questions. At the end of the intervention process it was noticed that the students evaluated this procedure in a positive way and that integrating real experimentation with computer science to better understand the concepts about electromagnetism is an alternative of motivating teaching, which instigated them to curiosity. In this way, it is concluded that integrating experimental activities with computational activities promotes the students' engagement in the accomplishment of their studies.

Keywords: Experimental activities. Computer activities. Electromagnetic induction. Teaching Physics.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização do município de Palmas no Tocantins | 50 |
| Figura 2 - Página inicial do projeto <i>PhET Interactive Simulations</i> | 56 |
| Figura 3 - Gráfico comparativo da quantidade de respostas cientificamente aceitas como corretas e das respostas cientificamente entendidas como incorretas fornecidas pelos alunos no questionário inicial. | 60 |
| Figura 4 - Resposta dos alunos A24 e A2, respectivamente, atribuídas à Questão 1 do questionário inicial | 61 |
| Figura 5 - Resposta dos alunos A3 e A23, respectivamente, atribuídas à Questão 2 do questionário inicial | 62 |
| Figura 6 - Resposta dos alunos A22, A12 e A7, respectivamente, atribuídas à Questão 3 do questionário inicial | 63 |
| Figura 7 - Resposta dos alunos A25 e A29, respectivamente, atribuídas à Questão 4 do questionário inicial | 64 |
| Figura 8 - Resposta dos alunos A17 e A20, respectivamente, atribuídas à Questão 5 do questionário inicial | 66 |
| Figura 9 - Resposta dos alunos A17 e A11, respectivamente, atribuídas à Questão 6 do questionário inicial | 67 |
| Figura 10 - Resposta dos alunos A17 e A13, respectivamente, atribuídas à Questão 7 do questionário inicial | 68 |
| Figura 11 - Resposta do aluno A6 atribuída à Questão 8 do questionário inicial | 69 |
| Figura 12 - Resposta dos grupos G2 e G3, respectivamente, atribuídas à Questão a referente à simulação | 73 |

| | |
|---|----|
| Figura 13 - Resposta dos grupos G1 e G10, respectivamente, atribuídas à Questão b referente à simulação. | 75 |
| Figura 14 - Resposta dos grupos G1 e G3, respectivamente, atribuídas à Questão c referente à simulação. | 76 |
| Figura 15 - Resposta dos grupos G4 e G7, respectivamente, atribuídas à Questão c referente à simulação | 78 |
| Figura 16 - Campo magnético dH em P devido ao elemento de corrente $I dl$ | 79 |
| Figura 17 - Resposta dos grupos G4 e G7, respectivamente, atribuídas à Questão a referente ao experimento | 80 |
| Figura 18 - Resposta dos grupos G2 e G6, respectivamente, atribuídas à Questão b referente ao experimento | 82 |
| Figura 19 - Resposta dos grupos G3 e G7, respectivamente, atribuídas à Questão c referente ao experimento | 83 |
| Figura 20 - Resposta dos grupos G5 e G6, respectivamente, atribuídas à Questão d referente ao experimento | 84 |
| Figura 21 - Resposta dos grupos G5 e G6, respectivamente, atribuídas à Questão e referente ao experimento | 85 |
| Figura 22 - Resposta dos grupos G13 e G15, respectivamente, atribuídas à Questão a referente à simulação envolvendo solenoide | 88 |
| Figura 23 - Resposta dos grupos G16 e G18, respectivamente, atribuídas à Questão b referente à simulação envolvendo solenoide | 90 |
| Figura 24 - Resposta dos grupos G13 e G19, respectivamente, atribuídas à Questão c referente à simulação envolvendo solenoide | 92 |
| Figura 25 - Solenoide | 93 |
| Figura 26 - Resposta dos grupos G11 e G14, respectivamente, atribuídas à Questão d referente à simulação envolvendo solenoide | 95 |
| Figura 27 - Linhas de campo magnético em um solenoide real | 96 |
| Figura 28 - Resposta dos grupos G11 e G13, respectivamente, atribuídas à Questão a referente ao experimento real envolvendo solenoide | 98 |

| | |
|--|-----|
| Figura 29 - Resposta dos grupos G11 e G13, respectivamente, atribuídas à Questão <i>b</i> referente ao experimento real envolvendo solenoide | 99 |
| Figura 30 - Resposta do grupo G24, respectivamente, atribuídas à Questão <i>a</i> referente à simulação 1 envolvendo indução eletromagnética | 101 |
| Figura 31 - Resposta do grupo G21, respectivamente, atribuídas à Questão <i>b</i> referente à simulação 1 envolvendo indução eletromagnética | 103 |
| Figura 32 - Resposta dos grupos G20 e G22, respectivamente, atribuídas à Questão <i>c</i> referente à simulação 1 envolvendo indução eletromagnética | 105 |
| Figura 33 - Resposta do grupo G24 atribuída à Questão <i>a</i> referente à simulação 2 envolvendo indução eletromagnética | 107 |
| Figura 34 - Resposta do grupo G21 atribuída à Questão <i>b</i> referente à simulação 2 envolvendo indução eletromagnética | 108 |
| Figura 35 - Resposta do grupo G22 atribuída à Questão <i>a</i> referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética | 110 |
| Figura 36 - Resposta do grupo G23 atribuída à Questão <i>b</i> referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética. | 111 |
| Figura 37 - Resposta do grupo G23 atribuída à Questão <i>d</i> referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética | 112 |
| Figura 38 - Resposta do grupo G22 atribuída à Questão <i>e</i> referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética | 113 |
| Figura 39 - Resposta do grupo G23 atribuída à Questão <i>f</i> referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética | 114 |
| Figura 40 – Primeira parte do questionário final..... | 116 |
| Figura 41 – Gráfico representativo das respostas dos alunos referente à primeira parte do questionário final..... | 116 |
| Figura 42 - Gráfico do percentual de alunos por faixa etária | 117 |
| Figura 43 - Gráfico que representa a opinião dos alunos referente às atividades computacionais e experimentais integradas nas cinco primeiras questões do questionário final | 118 |

| | |
|--|-----|
| Figura 44 - Gráfico que representa a opinião dos alunos quanto à sua preferência por experimentos reais ou virtuais nas duas últimas questões do questionário final | 119 |
| Figura 45 - Primeira questão do questionário final | 120 |
| Figura 46 – Segunda questão do questionário final..... | 122 |
| Figura 47 – Terceira questão do questionário final..... | 124 |
| Figura 48 – Quarta questão do questionário final..... | 126 |
| Figura 49 – Quinta questão do questionário final..... | 128 |
| Figura 50 – Sexta questão do questionário final. | 130 |
| Figura 51 – Sétima questão do questionário final..... | 132 |
| Figura 52 – Aparência do Software O Experimento de Oersted / Física Vivencial | 158 |
| Figura 53 – Aspecto final do experimento de Oersted (montado) | 160 |
| Figura 54 – Layout do Software <i>Faraday's Electromagnetic Lab</i> | 162 |
| Figura 55 – Aspecto final do experimento do solenoide (montado) | 165 |
| Figura 56 – Layout do Software Faraday's Law) | 166 |
| Figura 57 – Layout do Software Faraday's Electromagnetic Lab / Generator | 168 |
| Figura 58 – Aspecto final do experimento de indução eletromagnética (montado) | 170 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Questões orientadoras correspondentes aos objetivos que esta pesquisa pretendeu alcançar | 51 |
| Quadro 2 - Resumo da abordagem metodológica | 53 |
| Quadro 3 - Organização da prática pedagógica | 58 |
| Quadro 4 – Respostas dos alunos para a Questão 1 do questionário final | 121 |
| Quadro 5 – Respostas dos alunos para a Questão 2 do questionário final | 123 |
| Quadro 6 – Respostas dos alunos para a Questão 3 do questionário final | 125 |
| Quadro 7 – Respostas dos alunos para a questão 4 do questionário final | 127 |
| Quadro 8 – Respostas dos alunos para a Questão 5 do questionário final | 129 |
| Quadro 9 – Respostas dos alunos para a Questão 6 do questionário final | 131 |
| Quadro 10 – Respostas dos alunos para a Questão 7 do questionário final | 133 |
| Quadro 11 - Percepções do professor/pesquisador em relação ao desenvolvimento das atividades | 135 |
| Quadro 12 - Vantagens e limitações percebidas pelo professor/pesquisador em relação ao uso das atividades computacionais integradas com as atividades experimentais | 136 |
| Quadro 13 – Conceito físico explorado em cada questão do questionário inicial | 154 |

LISTA DE SIGLAS

IFTO - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins

CEPIEM - Ensino Profissional Integrado ao Ensino Médio

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

FIJ - Faculdades Integradas de Jacarepaguá

UNIS - Centro Universitário do Sul de Minas

UEMA - Universidade Estadual do Maranhão

PROEC - Programa de Estudos e Pesquisas no Ensino de Ciências

UNIVATES - Unidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior

PhET - Physics Education Technology

POE - Predizer, Observar e Explicar

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 2 ESTUDOS ANTERIORES | 27 |
| 2.1 Atividades experimentais no ensino de Física | 27 |
| 2.2 Atividades computacionais no ensino de Física | 32 |
| 2.3 Os aplicativos do <i>PhET</i> e a simulação no ensino de Física | 35 |
| 2.4 A integração entre atividades experimentais e computacionais | 37 |
| 2.5 Eletromagnetismo e indução eletromagnética | 39 |
| 2.6 Estado da Arte | 43 |
| 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 47 |
| 3.1 Caracterização da pesquisa | 47 |
| 3.2 Organização da prática pedagógica | 55 |
| 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 59 |
| 4.1 Análise do questionário inicial..... | 59 |
| 4.2 Análise das atividades computacionais e atividades experimentais integradas | 70 |
| 4.3 Análise do questionário final | 115 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 138 |
| REFERÊNCIAS | 142 |
| APÊNDICES | 150 |
| APÊNDICE A - Termo de concordância da direção da instituição de ensino | 151 |
| APÊNDICE B – Termo de consentimento livre esclarecido | 152 |
| APÊNDICE C – Questionário inicial | 154 |
| APÊNDICE D – Assunto 1: Experiência de Oersted | 158 |
| APÊNDICE E – Assunto 2: Campo magnético no interior de solenóides | 162 |
| APÊNDICE F – Assunto 3: Indução eletromagnética | 166 |
| APÊNDICE G – Questionário final | 172 |

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o desenvolvimento científico e tecnológico tem se mostrado fator cada vez mais determinante na constituição das sociedades. As instituições de ensino e centros de formação precisam avançar constantemente em qualidade na formação de seus alunos. Nessa perspectiva, é de considerável importância social que os jovens possuam uma formação científica adequada, que possa condizer com o meio cultural em que eles vivem. Desse modo, é necessário experimentar novas estratégias de ensino que possibilitem a oportunidade dos estudantes entrarem em contato mais efetivo com atividades científicas e tecnológicas, pois, de acordo com Brandão, Araújo e Veit (2008), tais estratégias didáticas baseadas em tecnologia se apresentam como uma boa alternativa para a inserção científica dos alunos, além de lhes proporcionar uma visão mais geral da natureza e contribuir na construção do conhecimento científico.

Educadores brasileiros e comunidade científica preocupam-se com o desenvolvimento da educação científica no país (SANTOS, 2007; CARVALHO; GONZAGA; NORONHA, 2011), sendo um problema que surge a partir de vários aspectos da sociedade e acaba por permear diversos setores importantes. Entender como a tecnologia funciona e avança pode gerar consequências diretas no cotidiano das pessoas, sendo um processo intrínseco em relação a como eles compreendem o mundo a sua volta. Assim, uma formação científica apropriada, além de promover o desenvolvimento intelectual em uma sociedade, pode transformar o país por meio do conhecimento. Nesse sentido, segundo Silva (2010), tanto o exercício da cidadania quanto o desenvolvimento científico e tecnológico podem ser prejudicados quando a educação científica de uma nação é ineficiente.

Nessa linha de desenvolvimento social, a Física, sendo uma ciência de aplicabilidade prática cotidiana e tecnológica, manifesta-se como parte essencial para o avanço do conhecimento técnico e científico. Dessa forma, o ensino de Física, visto por muitos como um desafio às instituições de ensino brasileiras, se apresenta atualmente como um campo que precisa receber mais investimentos em pesquisa.

Vários estudos (FÁVERO, 2001; MOREIRA; GRECA, 2000; MATHEUS, 2005) reconhecem que o ensino de Física no Brasil tem sido ineficiente na maior parte de seus aspectos, sejam conceituais, de resolução de problemas ou laboratoriais. Em sua prática profissional, os professores de Física percebem uma deficiência intrínseca aos processos de ensino e de aprendizagem no que se refere ao entendimento de muitos conceitos físicos.

Frente a essa realidade nacional, os alunos do 3º ano do Curso Técnico em Eletrotécnica, 4º ano do curso Técnico em Informática, 4º ano do curso Técnico em Agronegócios e 4º ano do curso Técnico em Eventos, todos integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), campus Palmas, contexto deste trabalho, vêm apresentando dificuldade em concluir o curso, pois existe um índice de reprovação/desistência que ultrapassa os 70% de acordo com a coordenação de ensino do IFTO. O modo tradicional como as aulas são ministradas pode ser um fator determinante para esse índice elevado. Dessa forma, esta pesquisa verificou a influência de atividades experimentais e computacionais integradas no ensino da indução eletromagnética, além das atitudes e motivações dos alunos diante dessa prática.

O conceito de indução eletromagnética permite explorar e entender os processos de obtenção de energia elétrica a partir de usinas hidrelétricas, nuclear e eólica, recurso fundamental para a manutenção e desenvolvimento do mundo moderno no qual os estudantes estão inseridos. Possibilita, ainda, compreender o princípio de funcionamento dos motores elétricos e alto-falantes, por exemplo, que são equipamentos utilizados na vida diária de muitos estudantes na constituição de

aparelhos como fones de ouvido, liquidificador, vidros elétricos de carro, ventilador, secador de cabelo, entre outros.

Este trabalho organizou as condições necessárias que orientam atividades experimentais integradas a recursos computacionais nos cursos Técnico em Eletrotécnica, Técnico em Informática, Técnico em Agronegócios e Técnico em Eventos do IFTO. A possibilidade de melhoria no ensino e na aprendizagem do tema indução eletromagnética utilizando essas atividades foi investigada sob os olhares de vários estudiosos, tais como Andrade (2010); Gaspar e Monteiro (2005); Araújo, Veit e Moreira (2004); Santos e Borges (2009); Perkins *et al.* (2006); Medeiros e Medeiros (2002); Heidemann (2011); Dorneles, Veit e Araújo (2009); Jaakkola e Nurmi (2008) e Paz (2007). Ressalta-se que vários destes autores constituem o estado da arte dessa dissertação.

Esta pesquisa tem natureza qualitativa na forma de estudo de caso por meio de intervenção na prática pedagógica. Inicialmente os conhecimentos prévios dos alunos que serviram de base para a compreensão do assunto em questão foram analisados por meio de questionário como instrumento de coleta de dados. Em seguida, as atividades experimentais integradas com atividades computacionais foram desenvolvidas pelos alunos sob a orientação do professor. Nesse processo, foram observados os aspectos motivacionais e as atitudes dos alunos ao se utilizar essa integração no ensino do tema indução eletromagnética. De acordo com Heidemann (2011), as atitudes podem ser definidas como construtores hipotéticos que, mesmo não sendo possível observá-las de forma direta, podem ser inferidas por meio de respostas mensuráveis. Essas respostas devem refletir avaliações positivas ou negativas frente ao objeto de estudo.

Dessa forma, esta pesquisa tem como tema a integração entre atividades experimentais e computacionais no ensino de Física. O problema que serviu de base para sua análise foi “Como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética?”.

Acredita-se que abordar a temática da indução eletromagnética utilizando experimentação laboratorial, além de complementar tal prática com o uso de ferramentas tecnológicas de aprendizagem, como *softwares* de simulação computacional, pode ser um método viável para auxiliar na sua compreensão. Como objetivo geral desta pesquisa, procurou-se investigar como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética. Os objetivos específicos que possibilitaram atingir o objetivo geral durante a pesquisa foram:

- identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos físicos necessários para que seja possível introduzir o tema indução eletromagnética;
- elaborar e desenvolver atividades experimentais e computacionais de forma integrada, considerando os conhecimentos prévios dos alunos;
- analisar as possíveis contribuições das atividades desenvolvidas durante a prática pedagógica no ensino do conceito de indução eletromagnética e nas atitudes e motivações dos estudantes diante das aulas.

De acordo com a Coordenação do Ensino Profissional Integrado ao Ensino Médio (CEPIEM) do IFTO, menos de 30% dos alunos que ingressaram no curso de Eletrotécnica, Informática, Agronegócios e Eventos em 2012 ainda permanecem no curso, em vias de sua finalização em 2016. Esse alto índice de desistência e reprovação pode ser causado pela forma tradicional como o corpo docente conduz as aulas de Física, pela falta de motivação e pela falta de interesse dos discentes.

Nesse sentido, seria importante que o corpo docente se propusesse a refletir e buscar alternativas para tornar as aulas de Física mais inovadoras e contextualizadas com a realidade dos alunos, contribuindo, assim, para a motivação e a influência no engajamento dos alunos na compreensão dos conceitos.

Este trabalho foi alicerçado com base na elaboração e no desenvolvimento de atividades experimentais e computacionais integradas e de acordo com o contexto sociocultural dos alunos. Tais atividades foram uma tentativa em busca da melhoria

desses processos de ensino e de aprendizagem, com o intuito de contribuir na diminuição da evasão dos estudantes e de possibilitar o seu desenvolvimento profissional e intelectual.

De acordo com pesquisas realizadas nos últimos anos em relação ao ensino de Física no nível médio, percebe-se uma inquietação quanto ao tradicionalismo de métodos e estratégias que aparecem nas práticas realizadas em sala de aula (REZENDE; OSTERMANN; FERRAZ, 2009). Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), (BRASIL, 2000), também se pode ver a mesma inquietação, ou seja, existe um anseio por mudança no modo como o ensino e a aprendizagem de Física é desenvolvido na Educação Básica: a forma como o ensino de Física tem sido desenvolvido, sem significado, por meio de conceitos, leis e fórmulas com ausência da devida articulação e assim longe do cotidiano dos estudantes e professores. Prioriza o teórico e o abstrato, desde o início, desvalorizando a prática e os exemplos reais. Valoriza as fórmulas, em situações artificiais, desconectadas da linguagem matemática que essas fórmulas representam efetivamente na Física. Permanece na resolução de exercícios repetitivos, com o intuito que o aprendizado ocorra automaticamente e por meio da memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas.

Assim, o modo como o ensino de Física se desenvolve na Educação Básica e superior, em sua maior parte baseado em aulas tradicionais, sem contexto com a realidade dos alunos, com pouquíssimas atividades experimentais ou computacionais, com muitos dos docentes e discentes utilizando-se de memorização, pode se mostrar ineficiente. A Física, como disciplina, apresenta altos índices de desistência e reprovação tanto no nível médio quanto no nível superior. Os conceitos de Física que tratam do eletromagnetismo estão em um grupo que apresenta considerável complexidade de entendimento. Vários professores concordam que os alunos demonstram dificuldades na aprendizagem das leis e fenômenos que estão ligados a ele (PAZ, 2007).

Dessa forma, no Ensino Médio, os conteúdos que são desenvolvidos antes do Eletromagnetismo se mostram, quase sempre, relacionados com duas variáveis

dispostas linearmente ou, no máximo, no plano. Quando começa o ensino de Eletromagnetismo, algumas das relações exigem a visualização de três variáveis distribuídas no espaço (regra de Fleming¹, por exemplo), ou seja, adquire um aspecto tridimensional. Esse novo arranjo espacial das variáveis e suas respectivas interações, de certa forma, são diferentes dos modelos anteriores utilizados nos conteúdos já estudados, transformando-se em um entrave pedagógico na aprendizagem do aluno (PAZ, 2007).

Nesse sentido, pode-se dizer que uma das dificuldades mais recorrentes no ensino e aprendizagem dos conceitos de Eletromagnetismo, como a indução eletromagnética, por exemplo, está na percepção tridimensional das interações entre as grandezas físicas, nas relações que envolvem essas grandezas e na sua contextualização. Esses aspectos podem ser de difícil visualização para muitos alunos quando tratados apenas de forma teórica, sem a utilização de qualquer recurso material ou tecnológico.

Assim, surge a necessidade da utilização de outros recursos que possam suprir tais necessidades tridimensionais e práticas. As atividades experimentais realizadas de forma sistemática podem ser uma opção para contribuir de forma eficaz no processo de ensino e de aprendizagem da indução eletromagnética. Além do mais, de acordo com Lima e Germano (2013), tais atividades podem proporcionar relações de interação entre os estudantes e entre os estudantes e o professor que favorecem a construção do conhecimento e possibilitam a ressignificação do processo de ensino e de aprendizagem.

Ainda na mesma perspectiva, a utilização de atividades computacionais no ensino de Eletromagnetismo, em especial o ensino da indução eletromagnética, pode ir ao encontro do que aparece nas competências e habilidades dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) em relação ao ensino de Física,

¹ Também conhecida como “regra da mão direita”, geralmente utilizada para estabelecer orientações espaciais possíveis em sistemas físicos. Considere os dedos indicador e médio da mão direita. Represente o primeiro vetor do produto vetorial pelo dedo indicador, e o segundo, pelo dedo médio (a ordem é importante). Disponha esses dedos da mesma forma como os vetores estão no espaço. Agora forme, com o polegar da mão direita, um ângulo de 90° com o plano formado pelos outros dedos. O sentido do vetor é o mesmo que o indicado pelo polegar (MACHADO, 2004, p. 41).

que apontam para a necessidade da utilização das tecnologias no Ensino Médio como coadjuvante que pode contribuir para a aprendizagem dos alunos.

Além disso, tais atividades surgem como mais uma possível alternativa para facilitar a compreensão de propriedades elétricas e magnéticas da matéria, que podem ser melhor visualizadas em três dimensões através de *softwares*. De acordo com Medeiros e Medeiros (2002), se os objetivos educacionais pretendidos são claros, se torna mais simples a utilização das ferramentas computacionais com o intuito de que os alunos possam entender os conceitos, construindo, assim, seu conhecimento, ao passo que se transforma num agente que interage, discute, participa, constrói e modifica seu pensamento.

De acordo com as considerações apresentadas anteriormente, acredita-se ser importante a investigação em relação à utilização de experimentos integrados a ferramentas computacionais nas aulas de Física do Ensino Médio, em especial durante o ensino de conceitos de Eletromagnetismo, como a indução eletromagnética. Isso porque os experimentos são capazes de mostrar aspectos como movimentação de ímãs dentro de bobinas e com isso o surgimento de corrente elétrica, para o acendimento de uma lâmpada, fato que pode auxiliar consideravelmente na compreensão do assunto em questão. No entanto, algumas grandezas físicas, como força magnética, linhas de campo magnético e correntes elétricas, por exemplo, apresentam maior dificuldade em serem visualizadas e manuseadas nos experimentos reais, surgindo, assim, a necessidade de *softwares* simuladores que contribuam para a visualização de modelos que as representam, possibilitando um maior entendimento do aluno sobre o conceito estudado. Desse modo, investiga-se como o uso dessas atividades de modo integrado pode influenciar no ensino do conceito de indução eletromagnética e as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas.

A motivação mais importante para a realização desta pesquisa foi a observação do ambiente escolar do próprio pesquisador e o modo como os estudantes se comportam diante de certos métodos de ensino. Fazendo uma retrospectiva sobre sua própria prática de ensino, o pesquisador percebeu o impacto causado nos alunos quando utilizam experimentos para a compreensão de

fenômenos físicos, e o entusiasmo que estes demonstram quando trabalham com algum tipo de animação computacional. Explorou-se a ideia da organização e integração de atividades experimentais aliadas a simulações computacionais com o intuito de potencializar o ensino de Física, pois alguns estudiosos (DORNELES, ARAÚJO; VEIT, 2009; ZACHARIA; ANDERSON, 2003; JAAKKOLA; NURMI, 2008) trazem resultados positivos quanto ao uso dessa prática, afirmando haver aumento considerável na compreensão de conceitos da Física, promoção de melhoria no desempenho acadêmico do aluno e maior envolvimento deles.

É importante destacar que o pesquisador é especialista em Metodologia do Ensino de Física pela Faculdades Integradas de Jacarepaguá (FIJ) do Rio de Janeiro, graduado em Licenciatura em Física pelo Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS), graduado em Licenciatura em Ciências com habilitação em Matemática pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Iniciou sua carreira como professor de Matemática e Ciências oficialmente no ano de 2001, nas séries finais do Ensino Fundamental. Em 2011, ingressou como professor de Física e Matemática do Ensino Médio no estado do Tocantins e no Ensino Superior na Universidade Estadual do Maranhão. Atualmente, se estabelece como professor efetivo de Física com dedicação exclusiva no IFTO, do campus de Palmas, e é líder do grupo de pesquisa Programa de Estudos e Pesquisas no Ensino de Ciências (PROEC), da mesma instituição.

Como visto anteriormente, alguns anos de experiência docente do pesquisador foram determinantes para a construção da ideia de pesquisa. As disciplinas por ele cursadas no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas na Unidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior (UNIVATES) e a contribuição intelectual dos professores também foram fundamentais nesse processo de amadurecimento acadêmico.

Além de proporcionar ao pesquisador uma formação mais profunda, este trabalho buscou prepará-lo como professor para lecionar com mais propriedade em nível superior e na produção de atividades de pesquisa. Pretendeu, ainda, ampliar o seu conhecimento científico e pedagógico, buscando aperfeiçoar sua prática

docente e contribuir na qualidade da formação científica e tecnológica dos alunos matriculados na instituição em que ele trabalha.

Este trabalho pretendeu contribuir diretamente no aumento do desempenho de qualificação profissional do pesquisador e, paralelamente, almejou colaborar no aperfeiçoamento da prática pedagógica de outros professores através da socialização de um produto educacional que foi disponibilizado em sua finalização. Esperou-se ainda que este trabalho pudesse auxiliar os estudantes consideravelmente na visualização dos principais aspectos da indução eletromagnética, e, assim, contribuir para o seu entendimento.

Esta pesquisa possui sete etapas, sendo elas: Introdução, Estudos Anteriores, Procedimentos Metodológicos, Análise e Resultados, Considerações Finais, Referências e Apêndices. Na introdução foi abordado o tema e a justificativa de sua utilização e a importância do uso das atividades computacionais e experimentais para o entendimento da indução eletromagnética. É tratado, também, o objetivo geral e os objetivos específicos.

Em sua segunda etapa, onde se encontra os Estudos Anteriores, podem-se constatar seis subdivisões dos assuntos. Nela, fala-se a respeito de atividades experimentais no ensino de Física, sobre atividades computacionais no ensino de Física, em relação aos aplicativos do *Physics Education Technology*² (PhET) e à simulação no ensino de Física, descreve-se, ainda, sobre a integração entre atividades experimentais e computacionais, sobre Eletromagnetismo e indução eletromagnética e, finalmente, sobre o Estado da Arte da pesquisa.

Na terceira etapa, são mostrados quais os procedimentos metodológicos utilizados. Nessa subseção, é descrita a caracterização da pesquisa e a sua organização metodológica. Também se relata o local em que as atividades e a investigação foram executadas e os materiais e *softwares* que foram utilizados no decorrer da intervenção pedagógica.

² Tecnologia no Ensino de Física, tradução livre.

Na quarta etapa, é posta em evidência a descrição dos resultados alcançados com a intervenção pedagógica, iniciando pela caracterização das turmas, passos metodológicos que aconteceram antes da intervenção, informações coletadas, análise dos resultados qualitativos. As análises do questionário inicial, do questionário final, dos comentários dos alunos, fotos e registros das atividades realizadas também fazem parte dessa subseção.

Na quinta etapa, são descritas as considerações finais, onde a importância da pesquisa é destacada, seus aspectos positivos e negativos, são analisados ainda o problema e os objetivos. Essa etapa é concluída com a descrição das considerações pessoais do pesquisador em relação à investigação realizada. Na sexta etapa, são descritas todas as referências utilizadas durante o estudo, os endereços eletrônicos e livros consultados. Na sétima e última etapa, está a subseção referente aos apêndices, onde são mostradas todas as atividades desenvolvidas e os documentos necessários à realização da pesquisa.

2 ESTUDOS ANTERIORES

A fundamentação teórica deste trabalho está organizada em seis subcapítulos. No primeiro descreve-se sobre atividades experimentais no ensino de Física. No segundo descreve-se sobre atividades computacionais no ensino de Física. No terceiro subcapítulo descrevem-se os aplicativos do *PhET* e a simulação no ensino de Física. No quarto fala-se a respeito da integração entre atividades experimentais e computacionais. No quinto subcapítulo trata-se sobre o Eletromagnetismo e a indução eletromagnética. No sexto e último subcapítulo trata-se do estado da arte em relação à integração entre atividades experimentais e computacionais no ensino de Física.

2.1 Atividades experimentais no ensino de Física

As atividades experimentais no ensino de Física aparecem atualmente como uma tendência viável para o entendimento de muitos dos conceitos físicos que se mostram abstratos em aulas expositivas e, portanto, difíceis de serem visualizados e compreendidos. De acordo com Takahashi (2013, p. 1):

[...] os estudantes entendem a Física como uma ciência experimental, interdisciplinar e relacionada com os avanços tecnológicos, e esperam que as atividades experimentais, quando realizadas, tenham vínculo com o seu dia a dia, e com observações de fenômenos na natureza.

Quando se podem medir e analisar informações obtidas fisicamente a partir de observações reais com a finalidade de se alcançar um resultado aplicável ao mundo, a compreensão do fenômeno físico envolvido fica amplamente mais clara. Desse modo, é de se concordar que “o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como

uma das maneiras mais produtivas de se minimizar as dificuldades de se aprender e ensinar Física” (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 176).

Todavia, essa prática ocorre com baixa frequência nas escolas brasileiras. O número excessivo de alunos por turma, a elevada quantidade de disciplinas em relação aos horários disponíveis por turno, o alto valor financeiro para instalação e manutenção de laboratórios, além da falta de um profissional adequado para auxiliar o professor na preparação das experiências e montagem de equipamentos parecem ser os maiores entraves para que a prática da atividade experimental se torne comum (LIMA; GERMANO, 2013). No entanto, segundo os PCNs (BRASIL, 2002, p. 84):

[...] é indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar.

Naturalmente, a Física é uma disciplina que ajuda a compreender o mundo material. Mas, para que ocorra esse entendimento com mais propriedade, os pesquisadores do assunto questionam sistematicamente a natureza através de experimentos. Esses experimentos são projetados para desafiar hipóteses existentes e fornecer pistas de novas teorias, ou para corroborar teorias já existentes. No entanto, as experiências não são apenas essenciais para expandir o conhecimento do universo, mas desempenham um papel fundamental no ensino de Física (DUMITRESCU *et al.*, 2009).

Por meio de experiências, os alunos podem observar fenômenos, testar hipóteses e aplicar a sua compreensão ao mundo real. Certamente, as experiências são necessárias para o avanço do conhecimento científico. No entanto, elas são igualmente importantes para o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem de Física, pois permitem que os alunos entrem em contato direto com os fenômenos naturais (Ibidem, 2009).

De acordo com Gaspar e Monteiro (2005), o uso das demonstrações experimentais de conceitos na sala de aula altera o pensamento do aluno na medida

em que ele compreende mais aspectos da realidade e de sua própria experiência que podem preencher um espaço cognitivo particular dos conceitos científicos e fornecer a esses conceitos a força que essa vivência dá aos conceitos espontâneos. Nesse sentido, Ulbrich *et al.* (2013, p. 2) afirmam que:

Utilizar experimentos como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações.

Para a realização destas demonstrações experimentais o tipo de laboratório mais utilizado é o Laboratório Tradicional, também chamado de laboratório didático convencional por Pinho Alves (2000). Nele, os alunos desenvolvem atividades pré-determinadas em um roteiro de cuja ordem de execução de tarefas não podem se desviar. Assim, mesmo que os alunos possam trabalhar em grupos, o que é uma das características desse laboratório, eles não possuem a liberdade adequada para a exploração dos experimentos.

Borges (2002) faz uma crítica ao modo como as atividades são conduzidas no Laboratório Tradicional, afirmando que é dada pouca importância a aspectos como a reflexão, a discussão e à interação entre os estudantes. Coletar informações e manusear os equipamentos seriam a prioridade para professores e alunos. Percebe-se, portanto, o quanto é importante a coleta de dados nesse tipo de laboratório e a construção de relatórios após os experimentos.

Andrade (2010) também faz críticas ao Laboratório Tradicional quando afirma que ele se baseia em reconhecer o conhecimento científico como verdade absoluta ou como uma descoberta de mentes livres de concepções e sentimentos pré-estabelecidos, que se origina no mero armazenamento de observações detalhadas de fenômenos e que aplica o método científico para alcançar generalizações científicas verdadeiras. Afirma ainda que, nesse tipo de laboratório, os processos científicos são entendidos como conjuntos de regras e operações bem definidas e ordenadas que não falham, onde todos os indivíduos dispostos a realizar

experimentos certamente chegariam aos mesmos resultados e, portanto, deveriam percorrer os mesmos métodos.

Entretanto, há uma ressalva em relação ao Laboratório Tradicional. Borges (2002) e Andrade (2010), apesar das críticas, reconhecem a sua importância para o ensino de Física devido a seu aspecto de socialização, caracterizado pelo fato de os alunos poderem trabalhar em grupos.

O primeiro tipo de laboratório que se tornou popular foi o Laboratório de Demonstração, que é um laboratório onde o professor se apresenta como o agente experimentador e o aluno se mostra apenas como um espectador das atividades experimentais. Seja para melhor representar conceitos trabalhados em sala de aula ou para servir de motivação na introdução de conteúdos e despertar o interesse dos alunos, de acordo com Pinho Alves (2000), esse tipo de laboratório é bem difundido no ensino de Física.

Gaspar e Monteiro (2005) defendem a utilização do Laboratório de Demonstração, destacando algumas de suas principais vantagens, como o fato de ser possível sua realização usando um único equipamento para todos os estudantes, sem a necessidade de um laboratório específico, a vantagem de motivar o aluno, fazendo com que ele se interesse mais pelo conteúdo abordado, para assim despertar sua predisposição para aprender, além de ser possível utilizá-lo a qualquer momento durante a exibição da aula teórica sem descontinuar o assunto que esteja sendo trabalhado. Mesmo que as atividades realizadas nesse tipo de laboratório sejam executadas de modo simples e rápido, é necessário que o professor determine um plano e que as aulas sejam organizadas previamente, como toda atividade de natureza experimental.

O Laboratório Divergente, também muito importante, é semelhante ao Laboratório Tradicional, pois, segundo Rosa (2003) e Andrade (2010), o Laboratório Divergente possui aspecto, onde o estudante faz experimentos baseados em seus próprios interesses, ou seja, o aluno possui uma liberdade considerável para realizar as atividades experimentais e assim decidir qual o procedimento que melhor lhe favorece.

Andrade (2010) afirma que esse tipo de laboratório possui um aspecto cientificista, pois, mesmo que o estudante tenha independência na realização das tarefas, ele deve obedecer a certas etapas pré-estabelecidas, que seriam a do exercício e depois a da experimentação, e, finalmente, o que se tem é a mesma forma de aprendizagem do Laboratório Tradicional, marcada pelo método científico infalível.

De acordo com Rosa (2003), a primeira etapa, que é a do exercício referido anteriormente, é feita por todos os alunos da sala. Nela é feita a descrição do funcionamento dos equipamentos, a descrição de todas as medidas e a descrição dos procedimentos adotados. Na segunda etapa, chamada de experimentação, o aluno escolhe qual a atividade quer fazer, ou seja, ele é livre para realizar a atividade experimental da forma como achar mais conveniente.

Outro tipo de laboratório importante é o Laboratório Didático Investigativo, em que os experimentos são realizados a partir de atividades livres e semiestruturadas de investigação e baseadas no construtivismo de acordo com Andrade (2010). Pinho Alves (2000) também faz afirmações de natureza construtivista em relação a esse tipo de laboratório e fala positivamente a respeito do modo efetivo e participativo do aluno no processo de ensino.

No Laboratório Didático Investigativo, são os próprios estudantes que levantam as hipóteses, são eles que fazem as medições necessárias e que definem qual o procedimento a ser adotado. O professor auxilia os estudantes na realização das atividades, adotando, assim, uma função de mediador. As atividades de experimentação são construídas de modo coletivo pelos alunos, e o ambiente de estudo promove a socialização entre eles e o professor (ANDRADE, 2010).

O Laboratório Didático Investigativo foi utilizado nesta pesquisa, pois é o que mais se aproxima dos anseios de seu autor. As atividades experimentais integradas com atividades computacionais, que serão tratadas no próximo item, foram realizadas pelos alunos sob a orientação do professor que aparece como mediador do processo de ensino.

2.2 Atividades computacionais no ensino de Física

Algumas abordagens pedagógicas contemporâneas sugerem que os alunos sejam capazes de produzir seu próprio conhecimento. Isso leva à necessidade de criação de ferramentas de ensino e tarefas que possam oferecer aos estudantes oportunidades para essa aprendizagem (PSYCHARIS, 2010).

Desse modo, as atividades computacionais podem disponibilizar para os estudantes uma grande variedade de elementos, como textos, sons, imagens, animações, vídeos e simulações. Envolver os alunos na utilização dessa variedade de ferramentas para a construção de modelos visuais, físicos, lógicos dos fenômenos pode corroborar com a compreensão de conceitos físicos e melhorar significativamente os processos de ensino e de aprendizagem (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004). De acordo com Pessanha, Pietrocola e Couso (2013, p. 1):

[...] o uso de recursos computacionais como as simulações, pode favorecer a percepção dos fenômenos e entidades pertencentes à Física. Tais aplicativos consistem em imagens dinâmicas e interativas que buscam representar algum fenômeno ou sistema que, por exemplo, não podem ser observados por possuírem dimensões grandes ou pequenas, ou por se manifestarem em tempos demasiadamente longos ou curtos.

Nesse tipo de atividade por simulação computacional, podem-se organizar seus elementos em partes, com o intuito de disponibilizar contextos didáticos sobre o assunto em estudo. Cada parte e os elementos devem estar naturalmente ligados por pontos específicos comuns, possibilitando que o aluno interaja com o material, decidindo o caminho a seguir de acordo com seus interesses. Estudos recentes sugerem que potencialmente as simulações computacionais podem oferecer uma aprendizagem com significado (DIAS; SOARES; BILHALBA, 2013).

Nesse sentido, Araujo, Veit e Moreira (2004) afirmam que “as simulações computacionais com objetivos pedagógicos dão suporte a atividades exploratórias caracterizadas pela observação, análise e interação do sujeito com modelos já construídos” (p. 5). Segundo Dorneles (2010), em se tratando da utilização do computador, muitos estudantes afirmam que as simulações permitem compreender

conceitos físicos de forma mais generalizada, desse modo dando-lhes a oportunidade de desenvolver raciocínios metódicos.

Arantes, Miranda e Studart (2010) acreditam que as atividades envolvendo simulações de computador possam influenciar no desenvolvimento de habilidades particulares muito importantes nos alunos, como a criatividade, por exemplo. Afirmam que as simulações computacionais, também chamadas de objetos de aprendizagem, devem possuir ligações com a realidade e incentivar os experimentos e a observação de fenômenos, entre outros aspectos. Os autores também concordam que as simulações são uma ferramenta eficaz no auxílio da compreensão de conceitos científicos e podem colaborar com o trabalho do professor na medida em que facilitam os processos de ensino e de aprendizagem e contribuem para que os alunos se tornem mais independentes.

Os avanços tecnológicos no ambiente escolar trazem desenvolvimento e novas perspectivas tanto para os alunos quanto para os professores na forma de incentivo à pesquisa na rede, na busca de relações com outras disciplinas, instigando a curiosidade dos estudantes e auxiliando na sua interação com os demais. Além disso, uma vez sob tal influência, os alunos podem dar continuidade ao estudo dos assuntos em suas residências (VALENTE, 2008).

De acordo com Scheffer (2001), a informática desenvolve a sensibilidade dos professores em relação à existência de diferentes meios de representação de símbolos matemáticos na medida em que integra o ambiente educacional. Isso ocorre em um processo de interação que envolve o estudante, o professor e as tecnologias, o que é muito importante para que aconteça a construção e o estabelecimento de relações.

Muitos estudiosos fazem declarações a respeito do uso do computador no ambiente escolar. Aguiar (2010) acredita que existem no mínimo quatro formas de uso desse equipamento que possam contribuir para que os estudantes compreendam com mais clareza um fenômeno. Um dos meios é utilizá-los como as

ferramentas de modelagem, outro é usá-lo como um livro eletrônico, outro é utilizá-lo como interlocutor das simulações e também usá-lo como instrumento de laboratório.

Vieira (2004) afirma que os *softwares* educacionais e os demais recursos que envolvem a informática educativa de modo geral devem realmente estar de acordo com o método de ensino a que se propõem, e não devem ter apenas um caráter estético, como ocorre em muitos casos.

Deve-se considerar que existem muitos conceitos na Física que apresentam dificuldades de compreensão, pelos professores e alunos, devido a seu aspecto abstrato. Para que se possam medir e analisar com mais precisão alguns fenômenos relacionados ao Eletromagnetismo, por exemplo, são necessários equipamentos de informática e *softwares* apropriados, justificando, assim, a importância de se trabalharem atividades computacionais como ferramentas úteis no aperfeiçoamento dos processos de ensino e de aprendizagem. Corroborando com essa ideia, Teodoro e Veit (2005, p. 23) afirmam que:

A compreensão de como parte das ciências tem evoluído, a noção de que é possível prever, não apenas observar fatos, a compreensão do pensamento científico, em contraposição à lógica indutivista, e a abordagem de vários tópicos mais próximos da realidade do que os usuais exercícios acadêmicos, passa pela compreensão de modelos e pela prática da modelagem computacional. Por isto, entendemos que a modelagem computacional pode se constituir em uma ferramenta cognitiva útil, e quem sabe até indispensável, na aprendizagem de Física nos dias atuais.

Nesse sentido, Santos e Borges (2009) afirmam que a informática no ambiente escolar apresenta aspecto de mediador, sendo mais uma ferramenta pedagógica que auxilia o professor dando mais dinamismo às aulas, e que o uso do computador como uma ferramenta pedagógica contribui no processo de aprendizagem dos alunos.

Tomando-se como exemplo a simulação computacional de um determinado fenômeno físico, o que pode ser feito é a inserção de determinados valores e alteração de certas variáveis, para que, desse modo, possam-se verificar os resultados. No caso desta pesquisa, para a verificação deles, serão utilizados

softwares desenvolvidos pelo projeto (*PhET*), da Universidade do Colorado³. Segundo Macêdo (2009), os *softwares* do projeto *PhET* permitem que os alunos façam ligações interativas entre o mundo real e os fenômenos ocultos da Física através de suas simulações, tornando esses fenômenos mais compreensíveis. Essas simulações utilizam diversos recursos, tais como gráficos e controles intuitivos, barras e botões, para que, assim, os conceitos físicos possam ser compreendidos visualmente pelos alunos.

2.3 Os aplicativos do *PhET* e a simulação no ensino de Física

O *PhET interactive simulation* é um projeto da Universidade de Colorado Boulder, uma organização sem propósito lucrativo, criada em 2002 pelo ganhador do prêmio Nobel de Física (1995) Carl Wieman. A ideia inicial do *PhET*, na perspectiva de Wieman, seria melhorar a forma como a ciência é ensinada e aprendida. Sua intenção era contribuir para o avanço da ciência e educação em todo o mundo através de simulações interativas livres (WIEMAN; PERKINS; ADAMS, 2008).

Originalmente o projeto *PhET* foi criado apenas para essa disciplina, no entanto, devido a seu sucesso e viabilidade, logo se expandiu para outras. Atualmente, projeta, desenvolve e libera centenas de simulações interativas grátis para uso educacional nas áreas de Física, Química, Biologia e Matemática. A cada ano, o site do *PhET* recebe milhões de visitantes (PAULSON; PERKINS; ADAMS, 2009).

O *PhET* oferece diversão, liberdade, interatividade, ciência baseada em pesquisa e simulações matemáticas. Para assegurar a eficácia educacional, cada simulação é exaustivamente testada e avaliada. Esses testes incluem entrevistas com estudantes e observação do uso de simulação em sala de aula. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5 e podem ser executadas on-line ou baixadas para o computador pessoal. Todas as simulações são de código aberto. Vários patrocinadores apoiam o projeto *PhET*, permitindo que esse recurso possa ser livre

³ Disponíveis no endereço <<http://phet.colorado.edu/>>.

para todos os estudantes e professores (PERKINS et al., 2006). Macêdo (2009, p. 105) relata de forma positiva a respeito do projeto *PhET*:

[...] este projeto é um esforço contínuo para fornecer um amplo conjunto de simulações para melhorar a maneira que a Física, Química, Biologia, Ciências da terra e Matemática são ensinadas e aprendidas. As simulações disponibilizadas são ferramentas interativas, que permitem aos estudantes fazer conexões entre a vida real e os fenômenos subjacentes da ciência, que explicam esses fenômenos. A fim de ajudar os alunos a compreender visualmente os conceitos, as simulações utilizam diversos recursos, tais como gráficos e controles intuitivos, barras e botões.

O desenvolvimento de simulações computacionais para o ensino de Física vem aumentando consideravelmente dia após dia. Isso é verificado a partir da existência de inúmeros portais ou bibliotecas digitais que os trazem em versão de apoio a alunos e professores, para que possam ser usados de maneira gratuita pelas escolas brasileiras (PASTORIO; SAUERWEIN, 2013).

Atualmente as simulações possuem uma atenção crescente por parte de professores e pesquisadores em ciências, que as veem como um componente importante no processo educativo. Esse crescimento é devido a seu bom desempenho em descrever, com propriedade, o comportamento de certos aspectos da natureza, contribuindo, portanto, para a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem.

Eficientes simulações computacionais são desenvolvidas com base em modelos matemáticos, com o objetivo de tentar descrever com maior aproximação possível os fenômenos ou processos a serem estudados. Uma simulação de computador bem projetada pode envolver o aluno, ajudando-o a observar o curso e os resultados de certas ações. Ainda pode ajudá-lo a entender por que os eventos ocorrem daquela forma, explorar os efeitos das modificações no decorrer dos processos, avaliar ideias, além de possibilitar o autoexame e estimular o pensamento crítico.

A esse respeito, Medeiros e Medeiros (2002) afirmam que o ato educativo se mostra muito complexo para que os professores de Física possam se dar o direito de apropriar-se apenas de um recurso pedagógico. O ato educativo deveria, ao

contrário, aparecer na forma de muitas possibilidades trazidas pelo mundo real, pelas relações humanas e também pelas simulações.

A aprendizagem baseada em simulação envolve a aprendizagem realizada em um ambiente informatizado, no qual o aluno interage com as entidades do ambiente e, gradualmente, pode inferir nas características do modelo do conceito, enquanto ele prossegue através da simulação, o que pode levar a mudanças no seu conceito original (PSYCHARIS, 2010). Os ambientes de aprendizagem informatizados, se organizados adequadamente, podem apoiar a aprendizagem construtivista e exploratória, permitindo aos alunos mais autonomia no seu processo de construção do conhecimento (Ibidem, 2010).

2.4 A integração entre atividades experimentais e computacionais

Integrar atividades experimentais e computacionais na forma de ensino e pesquisa é mais uma ferramenta que objetiva ser eficaz para o desenvolvimento do aluno como profissional e ser humano. Nesse sentido, o autor Viamonte (2011, p. 51) faz a seguinte afirmação:

[...] é fundamental a articulação ensino/pesquisa que contribui para a formação de um pensamento científico e de uma experiência de aprendizagem ativa que proporcione ao indivíduo a compreensão dos fenômenos estudados, podendo utilizar o conhecimento construído em diversos contextos.

Esta articulação pode ser alcançada quando utilizam métodos pedagógicos integrados com o objetivo de melhorar as relações entre os alunos e seu próprio desenvolvimento científico, tecnológico e cultural, de acordo com seu modo de vida. Isso pode aumentar as chances de transformá-lo em um cidadão ativo socialmente.

Apesar de as atividades computacionais serem consideradas boas opções para ajudarem na aprendizagem dos alunos, muitos estudiosos (HEIDEMANN, 2011; DORNELES, VEIT e ARAÚJO, 2009) acreditam que elas não devem substituir as atividades experimentais, mas, sim, complementá-las, de modo a auxiliar os estudantes a compreenderem as relações entre os objetos reais e virtuais. Ou seja, é preciso um percurso integrado entre esses dois tipos de atividades.

De acordo com Dorneles, Veit e Araújo (2009), os estudantes mostram uma melhor compreensão e visão mais generalizada dos fenômenos quando utilizam atividades computacionais e atividades experimentais integradas. Ronen e Eliahu (2000), através de pesquisas pioneiras nesse assunto, afirmam existir discrepâncias consideráveis entre os resultados de aprendizagem de estudantes que fizeram uso apenas de atividades experimentais e entre os que utilizaram essas atividades combinadas com simulações computacionais.

Segundo Zacharia e Anderson (2003), nas conclusões de seus estudos, houve mudanças conceituais positivas na compreensão dos alunos quando estes utilizaram atividades experimentais e computacionais integradas para tratar de conteúdos de Física. Zacharia, Olympiou e Papaevripidou (2008) fizeram pesquisas para entender as diferenças entre os resultados obtidos por alunos que usaram atividades experimentais isoladas e alunos que utilizaram essas atividades integradas com simulações computacionais. Eles perceberam que, integrando as atividades, há um melhor aproveitamento dos alunos em entender conceitos físicos, ou seja, acreditam que pode haver maior compreensão dos conteúdos até mesmo de outras áreas além da Física.

Os estudiosos Jaakkola e Nurmi (2008) desenvolveram uma pesquisa mais rigorosa quanto ao uso das atividades experimentais e das atividades computacionais. A pesquisa deles foi organizada em três grupos: o primeiro grupo de estudantes se dedicou apenas às atividades computacionais; o segundo grupo apenas às atividades experimentais; o terceiro grupo realizou os dois tipos de atividades de modo integrado. Seus resultados mostram que não houve diferenças consideráveis na aprendizagem através de atividade experimental ou de atividade computacional. Apenas foi detectada maior ou menor afinidade dos alunos em relação a um ou a outro método de ensino. Mas, quanto à utilização das duas formas integradas, eles perceberam que houve aumento significativo no entendimento de conceitos da Física, ou seja, além de promover melhoria no desempenho acadêmico do aluno, também abrange um número maior deles.

Dessa forma, de acordo com as análises feitas pelos estudiosos citados, percebe-se a considerável importância da utilização de atividades experimentais

integradas com atividades computacionais para o entendimento de conceitos físicos. Ou seja, o uso dessas atividades integradas se apresenta como uma ferramenta potencialmente promissora no desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes.

2.5 Eletromagnetismo e indução eletromagnética

Segundo os autores Walker, Halliday e Resnick (2010, p. 2):

Estamos cercados por aparelhos que dependem da Física do eletromagnetismo, que é a combinação de fenômenos elétricos e magnéticos. Esta física é responsável pelo funcionamento dos computadores, dos receptores de televisão, dos aparelhos de rádio, das lâmpadas e até mesmo pelo modo como uma folha de plástico gruda em um recipiente de vidro. Esta física também explica muitos fenômenos naturais; não só mantém coesos todos os átomos e moléculas do mundo, mas também produz o relâmpago, a aurora e o arco-íris.

O Eletromagnetismo é, portanto, a parte da Física que estuda as inter-relações entre eletricidade e magnetismo e baseia-se em três fenômenos físicos fundamentais importantes: as correntes elétricas que criam em seu entorno campos magnéticos; os condutores percorridos por corrente elétrica imersos em campo magnético, que podem ficar sujeitos à ação de forças; e a variação do fluxo magnético através de um condutor que pode induzir corrente elétrica nesse condutor.

Percebe-se pelo exposto que uma corrente elétrica produz um campo magnético. Isso foi uma surpresa para os cientistas que observaram o fenômeno pela primeira vez. Talvez ainda mais surpreendente tenha sido a descoberta do efeito oposto: um campo magnético pode gerar um campo elétrico capaz de produzir uma corrente elétrica. Essa ligação entre um campo magnético e um campo elétrico produzido (*induzido*) é hoje chamada de *lei da indução de Faraday-Lenz* (indução eletromagnética). Essa lei relaciona uma força eletromotriz induzida (fem) ao fluxo magnético variável em qualquer tipo de espira, incluindo um circuito fechado (WALKER; HALLIDAY; RESNICK, 2010).

Dessa forma, pelo que se pôde perceber das afirmações dos autores referenciados anteriormente, é necessário que o conceito de indução

eletromagnética seja esclarecido com propriedade, pois assim ficará mais claro para o aluno o potencial de aplicabilidade da lei de Faraday em processos de obtenção de energia elétrica. De acordo com Walker, Halliday e Resnick (2010), para aplicar a lei de Faraday a problemas específicos, precisamos saber calcular a *quantidade de campo magnético* (fluxo magnético) que atravessa uma espira. Supõe-se que uma espira de área A seja submetida a um campo magnético B . Nesse caso, o fluxo magnético que atravessa a espira é dado por $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$, onde Φ_B é o fluxo magnético através da área A e que $d\vec{A}$ é um vetor de módulo dA perpendicular a um elemento de área dA .

Segundo Walker, Halliday e Resnick (2010), considerando um caso especial da equação anteriormente, supondo-se que a espira esteja em um plano e que o campo magnético seja perpendicular ao plano da espira, podemos escrever o produto escalar da equação $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ como $B \, dA \cos 0^\circ = B \, dA$. Se, além disso, o campo magnético for uniforme, B é uma constante e, portanto, não é função da área, de forma que não participa da integração. Nesse caso, a integral se reduz a $\int dA$, que é simplesmente a área da espira. Assim, a equação $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ se torna $\Phi_B = BA$, onde $B \perp$ área A , B uniforme. De acordo com $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ e $\Phi_B = BA$, a unidade de fluxo magnético é o tesla-metro quadrado, que recebe o nome de *weber* (Wb): $1 \text{ weber} = \text{Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$.

Usando a definição de fluxo magnético, pode-se enunciar a Lei de Faraday de modo mais rigoroso: “O módulo da força eletromotriz ε induzida em uma espira condutora é igual à taxa de variação com o tempo do fluxo magnético Φ_B que atravessa a espira” (WALKER; HALLIDAY; RESNICK, 2010).

A força eletromotriz induzida ε se opõe à variação de fluxo, de modo que, matematicamente, a lei de Faraday-Lenz pode ser escrita na forma $\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$, onde o sinal negativo indica a oposição a que nos referimos. O sinal negativo na equação anteriormente é frequentemente omitido, já que em muitos casos estamos

interessados apenas no valor absoluto da força eletromotriz induzida (WALKER; HALLIDAY; RESNICK, 2010).

Se o fluxo magnético através de uma bobina de N espiras sofre uma variação, uma força eletromotriz é induzida em cada espira e a força eletromotriz total é soma dessas forças eletromotrizes. Se as espiras da bobina estão muito próximas (ou seja, se temos um enrolamento compacto), o mesmo fluxo magnético Φ_B atravessa todas as espiras, e a força eletromotriz total induzida na bobina é dada por $\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt}$ (bobina de N espiras) (WALKER; HALLIDAY; RESNICK, 2010).

Existem três formas de mudar o fluxo magnético que atravessa uma bobina: a primeira é mudar o módulo B do campo magnético; a segunda é mudar a área total da bobina ou a parte da área atravessada pelo campo magnético (aumentando ou diminuindo o tamanho da bobina, no primeiro caso, e colocando uma parte maior ou menor da bobina na região onde existe o campo magnético, no segundo caso); e a terceira é mudar o ângulo entre a orientação do campo magnético B e o plano da bobina (fazendo girar a bobina, por exemplo) (WALKER; HALLIDAY; RESNICK, 2010).

As observações de Michael Faraday e de outros cientistas levaram à compreensão do princípio da indução eletromagnética. No entanto, a mesma não pareceria ter grande aplicabilidade prática para a época. Hoje, porém, aplicações dessa lei estão em toda parte. Assim, por exemplo, a indução é responsável pelo funcionamento das guitarras elétricas que revolucionaram o rock e ainda são muito usadas na música popular. Também é essencial para a operação dos geradores que fornecem energia elétrica para as cidades. Embora os fornos de indução não sejam os preferidos dos cozinheiros profissionais ou amadores, grandes fornalhas de indução são comuns nas fábricas onde grandes quantidades de metal necessitam ser fundidas rapidamente (WALKER; HALLIDAY; RESNICK, 2010). De acordo com Young e Freedman (2013, p. 280):

[...] quase todos os aparelhos e dispositivos modernos, desde máquinas de lavar, furadeiras elétricas e até computadores, possuem circuitos elétricos em suas partes internas. Aprendemos [...] que uma força eletromotriz (fem)

é necessária para produzir uma corrente em um circuito. [...] Sempre tomamos uma bateria como a fonte de fem. Contudo para a maior parte dos dispositivos elétricos usados na indústria e em nossas casas (incluindo qualquer dispositivo que você ligue a uma tomada de parede), a fonte de fem não é uma bateria, mas uma usina geradora de energia elétrica. Tal usina produz energia elétrica mediante a conversão de outras formas de energia: energia potencial gravitacional em uma usina hidroelétrica, energia química em uma usina termoelétrica que queima carvão ou óleo e energia nuclear em uma usina nuclear.

Essa conversão de energia ocorre por meio do fenômeno chamado indução eletromagnética: quando o fluxo magnético varia através de um circuito, ocorre a indução de uma fem e de uma corrente no circuito. Em uma usina geradora de energia elétrica, o movimento de um ímã em relação a uma bobina produz um fluxo magnético que varia através das bobinas e, portanto, surge uma fem. Outros componentes essenciais de sistemas elétricos também dependem dessa indução. Por exemplo, um transformador funciona em virtude da ação de uma fem induzida. Na realidade, graças ao papel central desempenhado na geração de energia elétrica, ela é um agente fundamental na estrutura da sociedade moderna (YOUNG; FREEDMAN, 2013).

O entendimento da indução eletromagnética foi um passo muito importante dado pelo homem na área das ciências exatas. Basta lembrar que, até meados do século XIX, a energia elétrica não podia ser utilizada em larga escala, pois era obtida por meio da transformação de energia química em acumuladores. Com a nova descoberta, o uso da energia elétrica generalizou-se, já que se tornou possível obtê-la também por meio da energia mecânica proveniente das quedas-d'água, como ocorre nas usinas hidroelétricas. Os microfones e as bobinas que geram faíscas nas velas dos motores dos automóveis são outros exemplos de aplicação da indução eletromagnética.

Desse modo, tendo como base as referências anteriores, pensou-se, de que forma o ensino de Eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais poderia contribuir para o entendimento da indução eletromagnética.

2.6 Estado da Arte

Os portais da Capes, ScienceDirect, Sociedade Brasileira de Física e os sites das instituições de ensino brasileiras serviram como base de busca para trabalhos de teses, dissertações e artigos publicados sobre o assunto abordado neste projeto até os dias de hoje. Não houve a necessidade de organizar os resultados das buscas cronologicamente devido não ter sido encontrado um número muito grande de trabalhos publicados relacionados ao assunto.

O título desta dissertação, *O ensino de eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética*, foi utilizado como palavras-chave nas buscas iniciais na *internet*, porém nenhum trabalho foi encontrado com o mesmo título.

Foi realizada nova busca, com as palavras-chave “atividades experimentais - Ensino de Física”, na qual apareceram 160 trabalhos publicados. Posteriormente, “atividades computacionais - Ensino de Física”, onde constatou-se a existência de 93 trabalhos na área. Foram encontrados, portanto, um montante de 203 trabalhos publicados, que de alguma forma possuem relação com esses temas.

Considerando que o volume de trabalhos encontrados nas buscas foi bastante expressivo (apesar de algumas repetições), decidiu-se refinar ainda mais a pesquisa, restringindo as palavras-chave de acordo com o que segue: “atividades experimentais - atividades computacionais - Ensino de Física”. Então foram encontrados 28 trabalhos publicados. Dessa forma, a análise da produção recente ficou reduzida a eles.

Apenas três desses 28 trabalhos encontrados tratam efetivamente da integração entre atividades experimentais e computacionais no Ensino de Física. Os outros 25 se referem apenas a atividades de Física envolvendo experimentos ou simulações computacionais. Assim, considera-se que essa amostra representativa de trabalhos já seria suficiente para que se percebam sinais de contribuição das

atividades experimentais integradas a recursos computacionais nos processos de ensino e aprendizagem de Física.

Entre os trabalhos encontrados nessa busca, a tese de doutorado de Paz (2007), intitulada *Atividades experimentais e informatizadas: contribuições para o ensino de eletromagnetismo*, aparece como pioneiro em se tratando de integração de experimentos de Física assistidos por recursos computacionais. Em seu trabalho, Paz (2007) teve como objetivo buscar um modelo de ensino e aprendizagem que contemplasse as atividades experimentais aliadas aos recursos informatizados no ensino de Eletromagnetismo.

Paz (2007) constatou que os problemas na aprendizagem dos assuntos envolvendo Eletromagnetismo estavam relacionados à visualização das interações e na observação das variáveis eletromagnéticas distribuídas no espaço tridimensionalmente. Propôs ainda um suposto modelo de ensino e aprendizagem que, no seu ponto de vista, seria mais apropriado ao Eletromagnetismo com base no que ele chamou de Transposição Didática com abordagem sequencial.

Para validar sua tese, Paz (2007, p. 188) apresentou as seguintes afirmações, que podem ser entendidas como os resultados obtidos:

Mesmo com a limitação na produção do número de simulações necessárias para a modelização desejada, a aplicação das sequências virtuais de simulação foi fundamental na superação dos obstáculos de aprendizagem. Assim, utilizando-se de um modelo com atividades experimentais aliadas a atividades virtuais de simulação, verificamos que os alunos transpuseram os obstáculos de aprendizagem dos conceitos de Eletromagnetismo, validando nossa tese. Nesta associação de atividades, os alunos apresentaram um melhor entendimento das interações e comportamento das variáveis eletromagnéticas no espaço tridimensional e transitaram com mais facilidade entre os planos tridimensionais nas atividades experimentais e o plano bidimensional dos desenhos e da planificação nas atividades virtuais.

Em seguida, outro trabalho que se destaca é a tese de doutorado *Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral*, desenvolvida por Dorneles (2010). Em seu trabalho, o autor, motivado por literaturas que mostram muitos aspectos desfavoráveis em relação a laboratórios didáticos e ao uso de computadores em

sala de aula, buscou integrar elementos computacionais e experimentos reais com o objetivo de amenizar a negatividade acerca desses dois tipos de atividades.

Dorneles (2010) utilizou teorias de Ausubel e Vygotsky, além dos modelos teóricos sob o olhar de Bunge, para conceber, implementar e avaliar sua proposta didática acerca da investigação da integração das atividades. O pesquisador defendeu que as estratégias didáticas utilizadas na integração entre atividades computacionais e experimentais determinaram sua eficiência, pois o simples fato de usar esses recursos em sala não garante aprendizagem, ou seja, o modo como essas atividades são desenvolvidas com os alunos é que pode promover melhorias no ensino.

Além de sugerir o uso de sua proposta em outros conteúdos de Física, como em Ondas ou Termodinâmica, por exemplo, a pesquisa de Dorneles (2010, p. 204-205) apresentou resultados favoráveis quanto ao uso de atividades experimentais e computacionais integradas, pois, de acordo com o autor:

Os resultados mostram que a integração entre esses dois tipos de atividades pode propiciar aos alunos uma visão epistemológica mais adequada sobre os papéis dos modelos teóricos, do laboratório e do computador, e promover a interatividade e o engajamento dos alunos em seu próprio aprendizado, transformando a sala de aula em um ambiente propício para uma aprendizagem significativa dos conceitos de Eletromagnetismo em nível de Física Geral.

A dissertação de mestrado *Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de Física por parte de professores do ensino médio*, de Heidemann (2011), também é importante para este estudo. O autor afirmou que existem publicações que mostram vantagens no uso de atividades experimentais e simulações computacionais no ensino de Física. Segundo ele, estudos concluem que integrar esses dois recursos pode trazer mais eficiência no ensino do que usá-los separadamente. Porém, apesar dos benefícios apontados, pouquíssimos professores exploram de modo correto e com a devida regularidade tais estratégias didáticas em seus ensinamentos.

Investigar as causas que levam os professores da educação básica a descartarem as atividades experimentais e as atividades computacionais e quais as

razões que os leva, em muitos casos, a utilizar esses recursos de modo inapropriado foi o objetivo geral do trabalho de Heidemann (2011). Foram verificadas, ainda, quais as crenças mais importantes dos professores acerca dessas estratégias e seus prováveis usos integrados, além de seu comportamento diante dessas estratégias no ensino de Física.

Os resultados da dissertação afirmam que os docentes atribuem muita importância ao uso de atividades experimentais. No entanto, em se tratando das atividades computacionais, eles não demonstraram o mesmo entusiasmo. De acordo com Heidemann (2011, p. 108-109):

Os resultados mostraram que os docentes atribuem grande importância ao uso de AE (atividades experimentais) no ensino de Física; já em relação às AC (atividades computacionais), apesar de considerarem que podem ser muito úteis, não atribuem a mesma importância do que às AE. Pode-se concluir também que, de modo geral, os professores não apresentam um sólido conhecimento sobre o uso de AE e AC, apresentando dificuldades para, principalmente, destacar suas limitações. Poucos deles percebem a necessidade de estratégias didáticas adequadas para que as AE e as AC efetivamente contribuam para a aprendizagem de Física. Em relação ao uso integrado de AE e AC, os resultados mostraram professores mais próximos do uso isolado desses recursos, defendendo que apenas um deles é suficiente para se ensinar Física, do que do uso combinado deles, explorando as vantagens de ambas estratégias didáticas.

Assim, de acordo com os objetivos e os resultados encontrados nos trabalhos anteriores, em se tratando da utilização de atividades experimentais e computacionais, pode-se afirmar que as mesmas mostram resultados que favorecem o uso desses recursos pedagógicos no Ensino Médio. Essas informações corroboram a importância de se desenvolver atividades dessa natureza para a busca de melhoria no ensino de Física.

Dessa forma, o presente trabalho está em conformidade com outros trabalhos que tratam da relação existente entre atividades experimentais e atividades computacionais com o intuito de auxiliar na compreensão de conceitos de Física.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo refere-se à caracterização da pesquisa, ao seu delineamento e à sua organização metodológica. Demonstra-se onde será realizada a pesquisa, as atividades que foram realizadas e os *softwares* e materiais que foram utilizados para a realização da intervenção pedagógica.

3.1 Caracterização da pesquisa

Com este trabalho pretendeu-se compreender o público pesquisado por meio da análise de suas atitudes e de seu desenvolvimento diante das atividades propostas. Nessas condições, diz-se que esta pesquisa foi de natureza qualitativa, pois, segundo Lüdke e André (1986, p.13) esse tipo de pesquisa:

[...] envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes, em que serão adotadas técnicas empíricas.

De acordo com Moreira (2011), utilizando-se dessa forma de pesquisa, o pesquisador torna mais rica sua narrativa, ao passo que pode usar exemplos de trabalhos de seus alunos, fragmentos de entrevistas, suas anotações e comentários interpretativos. Com intenção de convencer o leitor, pode mostrar provas que deem base à sua interpretação. E ainda permite ao leitor tirar suas próprias conclusões acerca das interpretações do pesquisador.

Esta pesquisa ocorreu em ambiente escolar, portanto entendeu-se que nesse lugar os processos de relação entre os alunos foram de interação, dinamismo e de caráter interpretativo. Desse modo, sua arquitetura metodológica foi construída com base nas técnicas qualitativas expostas anteriormente. Os estudantes não foram considerados apenas como indivíduos causadores interpretativos de suas realidades, mas também como indivíduos capazes de compartilhar suas interpretações, ao passo que se relacionam com os outros e meditam sobre suas experiências no decorrer de seus afazeres diários.

As atividades desses alunos foram devidamente registradas por meio de fotos e filmagens, pois abrangeram elevado número de elementos que exigiu observações minuciosas posteriores. Assim, pôde haver melhor entendimento do que foi trabalhado pelos estudantes, depois de se assistir às gravações. Como reforço para tal argumento, considera-se a afirmação de Loizos (2002, p.149):

O vídeo tem uma função óbvia de registro de dados sempre que algum conjunto de ações humanas é complexo e difícil de ser descrito compreensivamente por um único observador, enquanto ele se desenrola. [...] Não existem limites óbvios para a amplitude de ações e narrações humanas que possam ser registradas, empregando imagens e som em um filme de vídeo.

Para anotações de qualquer vestígio de informação que seja considerada relevante e que possa ser aplicada na construção do resultado, foi também utilizado um diário de campo, pois a forma como o processo de observação em uma pesquisa qualitativa se desenvolve exigiu reflexões em momentos futuros. Para Triviños (2009), muitas atitudes, comportamentos, diálogos e fatos percebidos durante esse processo podem revelar novas perspectivas de buscas, a necessidade de se reestruturar questionamentos, de insistir em certas características, pode revelar ainda uma nova hipótese e até mesmo uma ideia. Quanto à devida importância do diário de campo durante a coleta de dados na pesquisa, Hess (2006, p. 93) corrobora dizendo que:

Se o diário de campo capta dia a dia, as percepções, os eventos vividos, as entrevistas, mas também os flashes de compreensão que emergem, com um pouco de recuo, a releitura do diário é um modo de reflexão sobre a prática.

Este trabalho se propôs a investigar um problema contemporâneo dentro do seu contexto específico e analisar as respostas dos alunos frente às atividades desenvolvidas e ao questionário de satisfação. Essa abordagem apresentou-se de forma parcial, preocupando-se mais com os acontecimentos aleatórios durante o processo do que com qualquer sequência que leve a um produto final na pesquisa. Desse modo, entendeu-se que a metodologia de estudo de caso pareceu ser uma boa opção para que se conduzisse esta pesquisa, onde os acontecimentos fazem parte do todo e estão de acordo a propriedades não previsíveis. Adotou-se, portanto, nesta dissertação, alguns dos aspectos metodológicos propostos por Robert Yin (2005).

De acordo com Yin (2005), um estudo de caso é uma investigação empírica que examina um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto de vida real. Essa investigação empírica mostra-se apropriada quando as questões de pesquisa são do tipo “como?” e “por quê?”; pode se beneficiar do desenvolvimento prévio de proposições norteadoras; enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados; e se baseia em várias fontes de evidências (por exemplo, observações direta e participante) (DORNELES, 2010).

Segundo Yin (2005), estudos de casos podem ser descritivos, exploratórios e explanatórios no que se refere a seu propósito. Esta dissertação faz uso do estudo descritivo que tem como objetivo descrever uma intervenção dentro do contexto em que ela ocorreu. Sua realização ocorreu em um curto intervalo de tempo, pois, um aspecto importante da concepção de Yin (2005) para estudos de caso se trata do tempo necessário para a realização de uma investigação. Ele afirma que uma pesquisa que explore tal estratégia não necessariamente precisa ser realizada em um extenso intervalo de tempo.

O delineamento desta pesquisa qualitativa foi desenvolvido no IFTO, localizado na região Norte do Brasil, a 808 km de Brasília-DF. O campus atualmente oferta diversos cursos, incluindo os de Eletrotécnica, Agronegócios, Informática e Eventos, distribuídos em vários níveis: Ensino Médio Integrado ao Técnico, Ensino Técnico Subsequente e Superior. Hoje o IFTO Palmas possui 76 salas de aula e

capacidade de ofertar cursos a cerca de 10 mil estudantes nos três turnos durante o ano. A instituição ainda atende, atualmente, outros 1.600 alunos, via cursos de Educação a Distância, além dos 3.400 presenciais (IFTO, 2015, texto digital). A Figura 1 apresenta a localização do município de Palmas, no estado do Tocantins.

Figura 1 – Localização do município de Palmas no Tocantins.



Fonte: <https://www.google.com.br/maps/place/Palmas>, 2016.

Os participantes desta pesquisa foram alunos de quatro turmas do ensino técnico profissionalizante integrado ao Ensino Médio do IFTO, campus Palmas, pertencentes ao curso Técnico em Eletrotécnica, Técnico em Eventos, Técnico em Agronegócios e Técnico em Informática na disciplina de Física, que iniciaram suas atividades escolares em 2012, ingressando por meio de processo seletivo público.

Para que a pesquisa ocorresse, foi executada a exigência de entrega do Termo de Concordância para a Direção de Ensino do IFTO (Apêndice A). Houve uma reunião com a Diretora de Ensino e com os coordenadores do IFTO, onde foi devidamente explicado qual a natureza e os objetivos da pesquisa. Todos

concordaram com o seu desenvolvimento. Na ocasião, a Diretora de Ensino assinou o Termo de Concordância, permitindo também o uso do nome da instituição, da qual o pesquisador é professor efetivo desde fevereiro de 2014. As turmas em questão possuem um total de 30 alunos, dentre os quais todos foram participantes do trabalho, sendo 14 (10 do gênero masculino e 4 do gênero feminino) do curso de Informática, 8 (2 do gênero masculino e 6 do gênero feminino) do curso de Agronegócios, 3 (3 do gênero feminino) do curso de Eventos e 5 (1 do gênero masculino e 4 do gênero feminino) do curso de Eletrotécnica. Esses alunos possuem faixa etária entre 16 e 20 anos.

As atividades de pesquisa foram realizadas semanalmente, durante 5 semanas, tendo 3 encontros semanais de 1 hora e 40 minutos. Cada etapa deste trabalho está devidamente descrita no item 3.2, que se segue.

Todas as aulas foram desenvolvidas no laboratório de Física, o qual possui espaço suficiente para até 25 alunos, quadro branco, onde foram desenvolvidas as aulas teóricas, quatro bancadas com um computador cada conectado a internet e com os *softwares* do *PhET* instalados. Possui ainda vários *kits* de experimentos que englobam a maior parte dos conceitos do Eletromagnetismo, incluindo a indução eletromagnética. O questionário inicial e o questionário final foram respondidos pelos alunos envolvidos com a pesquisa em salas de aula tradicionais do IFTO.

Quanto à análise dos dados, diz-se que é um aspecto importante da pesquisa, pois é por meio dela que são mostrados os seus resultados e conclusões de forma parcial ou imparcial, permitindo abertura para novas pesquisas (MARCONI & LAKATOS, 1996).

Com a intenção de melhor transcrever e compreender as respostas apresentadas pelos alunos na análise de dados, decidiu-se organizar algumas questões para orientação. Os alunos receberam os nomes A1, A2, A3, e assim por diante. Os grupos formados por eles durante as atividades foram chamados de G1, G2, G3, e assim sucessivamente, para que sejam representados anonimamente. O Quadro 1 mostra as questões orientadoras correspondentes aos objetivos que esta pesquisa pretendeu alcançar.

Quadro 1 - Questões orientadoras correspondentes aos objetivos que esta pesquisa pretendeu alcançar.

| | |
|---|--|
| Problema: Como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética? | |
| Objetivo Geral: Investigar como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética. | |
| Objetivos Específicos | Questões Orientadoras |
| <ul style="list-style-type: none"> • Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos físicos necessários para que seja possível introduzir o tema indução eletromagnética. | Quais os conhecimentos prévios dos alunos em relação à eletrodinâmica e ao magnetismo? |
| <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar e desenvolver atividades experimentais e computacionais de forma integrada considerando os conhecimentos prévios dos alunos. | Quais as atividades computacionais e experimentais que podem contribuir para o entendimento do conceito de indução eletromagnética? |
| <ul style="list-style-type: none"> • Analisar as possíveis contribuições das atividades desenvolvidas durante a prática pedagógica no ensino do conceito de indução eletromagnética e nas atitudes e motivações dos estudantes diante das aulas. | Quais as possíveis contribuições das atividades desenvolvidas durante a prática pedagógica no ensino do conceito de indução eletromagnética e nas atitudes e motivações dos estudantes diante das aulas? |

Fonte: O autor, 2016.

Para que se pudessem verificar os conhecimentos prévios dos alunos em relação a alguns conceitos (campo elétrico, corrente elétrica, campo magnético e força magnética), que seriam pré-requisitos básicos para o entendimento da indução eletromagnética, a pesquisa teve início com a realização de um Questionário Inicial (Apêndice C) com questões discursivas, como instrumento de coleta de dados inicial. O questionário utilizado foi organizado com 8 perguntas relacionadas a eletrodinâmica e magnetismo.

Durante as aulas, foi entregue aos alunos um material impresso norteador (guia POE) (Apêndices D; E; F), para que pudessem fazer suas anotações durante a resolução dos problemas, discussões e desenvolvimento das atividades

experimentais e computacionais integradas, que também serviu como instrumento de coleta de dados para verificação de possíveis contribuições na aprendizagem.

O questionário final (Apêndice G), que também foi respondido pelos alunos, serviu de base para que eles pudessem dar seu parecer a respeito do desenvolvimento das atividades, em especial à importância do uso de atividades experimentais e computacionais integradas. Esse questionário foi útil ainda para que se pudesse estimar o quanto esta pesquisa foi determinante na mudança de atitude dos alunos diante dessa abordagem de ensino.

Os questionários, os textos produzidos no desenvolvimento das atividades e as demais anotações foram interpretados sob a ótica da Análise Descritiva, pois, de acordo com Gil (2008), esse tipo de pesquisa tem a finalidade de descrever as propriedades de fenômenos ou conjuntos de elementos com determinada característica em comum. Tem como particularidade a utilização de um padrão de técnicas para a coleta de dados, como, por exemplo, observações organizadas e questionários, ou seja, assume o formato de levantamento. Segundo Alyrio (2008), esse tipo de análise busca essencialmente a enumeração e a ordenação de dados, sem o objetivo de comprovar ou refutar hipóteses exploratórias, abrindo espaço para uma nova pesquisa explicativa, fundamentada na experimentação.

É importante que se tenha ciência de que a análise dos dados obtidos com a pesquisa também esteve relacionada, de acordo com Barros e Lehfel'd (2002), a aspectos que estão ligados à criatividade do pesquisador, seus conhecimentos a respeito do assunto abordado e também de seu poder de argumentação. O Quadro 2 apresenta o resumo da abordagem metodológica.

Quadro 2 - Resumo da abordagem metodológica.

| Eixo de análise | Instrumento de coleta de dados | Hipótese que justifique o instrumento |
|------------------------|---------------------------------------|--|
| Prática pedagógica | Questionário Inicial. | O questionário possibilitou identificar se os estudantes compreendem conceitualmente as relações entre as grandezas campo elétrico, corrente elétrica, campo magnético e força |

| | | |
|--|--|--|
| | | magnética. |
| | Material impresso norteador (Guia POE) | O guia Predizer, Observar e Explicar (POE) possibilitou promover o engajamento cognitivo e a interação entre os estudantes e com os recursos instrucionais. No término das aulas, os estudantes entregaram apenas uma solução por grupo das questões respondidas, com a finalidade de avaliação conceitual. Exigindo apenas uma solução por grupo, espera-se promover a negociação de significados entre os alunos e com isso avaliar sua compreensão em relação ao conceito de indução eletromagnética. |
| | Diário de campo | O diário de campo permitiu anotar informações durante a prática pedagógica que ajudam a detectar se os alunos estavam compreendendo conceitualmente aspectos sobre indução eletromagnética. |
| | Fotos e filmagens | Os registros fotográficos e as filmagens possibilitam identificar o modo como os estudantes desenvolveram suas atividades e a forma como eles interagiram para resolver os problemas propostos. Esses aspectos são determinantes para se captar <i>flashes</i> de compreensão conceituais em relação ao assunto abordado. |

| | | |
|-----------------------|--------------------|--|
| Atitudes e Motivações | Questionário final | O questionário final permitiu identificar qual o julgamento dos alunos a respeito da prática pedagógica utilizada. Permitiu avaliar o quanto ela foi motivadora, interessante ou importante para seu próprio aprendizado em relação à indução eletromagnética. |
|-----------------------|--------------------|--|

Fonte: O autor, 2016.

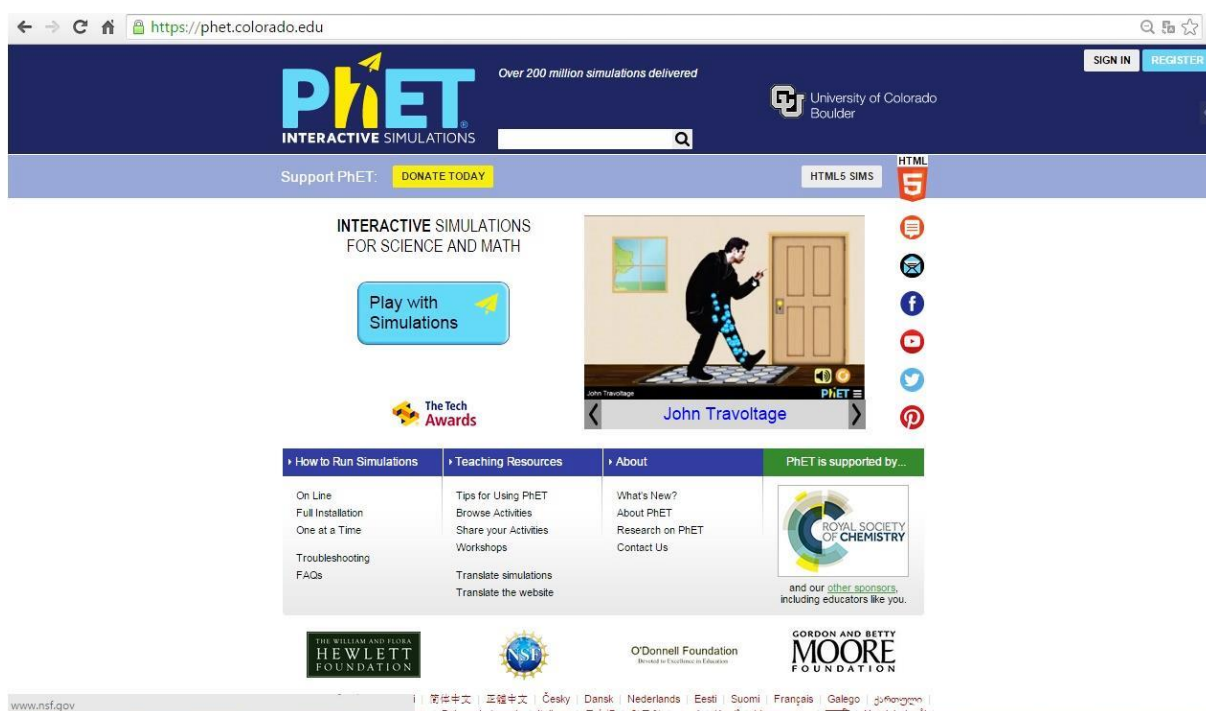
3.2 Organização da prática pedagógica

Esta prática pedagógica foi organizada em três etapas (distribuídas no decorrer de cinco semanas) de acordo com o que se segue: entrega do Termo de Consentimento Livre Esclarecido/apresentação do projeto *PhET*/resolução do Questionário Inicial, execução dos assuntos na forma de aulas e resolução do Questionário Final.

Etapa 01 (primeira semana) - Termo de Consentimento Livre Esclarecido (Apêndice B) / Apresentação do projeto *PhET* / Questionário Inicial (Apêndice C)

A pesquisa foi apresentada aos alunos em uma reunião, o modo como ela seria conduzida, os meios que seriam utilizados para sua realização, quais seus objetivos, quais e como as atividades seriam conduzidas, os materiais que seriam utilizados, a duração das aulas e seus horários. Foi explorado junto com os alunos o site do projeto *PhET*. Eles receberam instruções sobre como instalar e utilizar alguns *softwares* de simulação em seus notebooks, desse modo estariam familiarizados com os programas antes das aulas. Em seguida, o Termo de Consentimento Livre Esclarecido foi entregue para a assinatura dos alunos e de seus pais (caso fossem menores de 18 anos). Foram informados quanto à liberdade de participar ou não da pesquisa, no entanto todos concordaram em participar. Duração do encontro: 1 hora e 40 minutos. Na Figura 2 é apresentada a página inicial do projeto *PhET Interactive Simulations* encontrada na internet.

Figura 2 – Página inicial do projeto *PhET Interactive Simulations*.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/, 2016.

Os alunos receberam individualmente um questionário (Apêndice C) organizado com oito perguntas discursivas com a finalidade de se conhecer suas habilidades acerca da eletrodinâmica, campo magnético e força magnética. Essa etapa teve a importância de contribuir para que se soubesse quais os conhecimentos prévios dos alunos a respeito de Eletromagnetismo. Os conhecimentos que foram detectados neste momento foram considerados e serviram de base na construção das próximas atividades.

Etapa 02 – Assuntos trabalhados nas aulas (Apêndices D, E, F)

No início de cada aula, todos os materiais para a realização dos experimentos, incluindo o guia POE e o computador com os *softwares* instalados, já estavam nas bancadas do Laboratório de Física do IFTO, divididos uniformemente para grupos de três ou quatro alunos. A formação desses grupos teve a finalidade de promover interação entre eles com a intenção de contribuir para uma melhor discussão do assunto abordado.

Inicialmente, foram abordados os conteúdos relacionados à Indução Eletromagnética de forma teórica. No Laboratório de Física do IFTO encontra-se um quadro branco que foi utilizado para esquematizar ou equacionar o que foi necessário. Na sequência, os alunos desenvolveram, sob a supervisão do professor, as atividades computacionais seguidas das atividades experimentais. Essa ordem está de acordo com o que Jaakkola e Nurmi (2008) propõem quando sugerem que o uso de atividades computacionais antecedentes ao uso de atividades experimentais pode contribuir para que os estudantes utilizem princípios teóricos quando interagirem com os materiais do experimento. A abordagem teórica dos assuntos continuou ocorrendo simultaneamente à medida que foram sendo realizadas as atividades computacionais e experimentais na forma de discussão sempre que foi conveniente.

O guia POE, citado anteriormente, foi construído com base no método Predizer, Observar, Explicar, já bastante disseminado no meio acadêmico e científico e utilizado em simulações computacionais como estratégia para promover o embate cognitivo estabelecido durante a simulação (TAO; GUNSTONE, 1999). Essa estratégia é constituída de três etapas: o PREDIZER, onde os alunos, divididos em grupos, discutem o problema proposto e, através da troca de experiências, predizem o resultado esperado. A seguir os alunos deverão OBSERVAR o que ocorrerá durante a realização do experimento e, por fim, tentam EXPLICAR os resultados obtidos, corroborando ou não o que foi predito no início (OLIVEIRA, 2003).

Alguns pesquisadores (SANTOS, 2005; SCHWAHN; SILVA e MARTINS, 2007; DORNELES, 2010) usam esse método para auxiliar em suas investigações de conceitos relacionados à Física e à Química. Esse pode ser um recurso didático a ser utilizado nas atividades práticas de Física, auxiliando na construção do conhecimento. O emprego dessa estratégia didática favorece tanto o caráter investigativo quanto a capacidade de tomada de decisão, além de colaborar para a formação do pensamento crítico (SCHWAHN; SILVA e MARTINS, 2007).

Etapa 03 (quinta semana) – Questionário Final (Apêndice G)

Nessa etapa, os alunos responderam a um questionário que serviu de base para que pudessem dar seu parecer a respeito do desenvolvimento das atividades, em especial à importância do uso de atividades experimentais e computacionais integradas. Esse questionário foi útil ainda para que se pudesse estimar o quanto esta pesquisa foi determinante na mudança de conduta dos alunos, no que se refere à motivação, diante dessa abordagem de ensino. Duração da aula: 1 hora e 40 minutos. O quadro 3 mostra de forma resumida como a pesquisa foi organizada.

Quadro 3 – Organização da prática pedagógica.

| Etapa | Semana | Atividade | Apêndice | Duração |
|--------------|----------------|--|-----------------|----------------|
| 01 | 1 ^a | Termo de Consentimento Livre Esclarecido | B | 1 h 40 |
| | | Apresentação do projeto <i>PhET</i> | | |
| | | Questionário Inicial | C | |
| 02 | | Assuntos das aulas | | |
| | 2 ^a | Assunto 1: Experiência de Oersted | D | 1 h 40 |
| | 3 ^a | Assunto 2: Campo magnético no interior de um solenoide | E | 1 h 40 |
| | 4 ^a | Assunto 3: Indução Eletromagnética | F | 1 h 40 |
| 03 | 5 ^a | Questionário Final | G | 1 h 40 |

Fonte: O autor, 2016.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

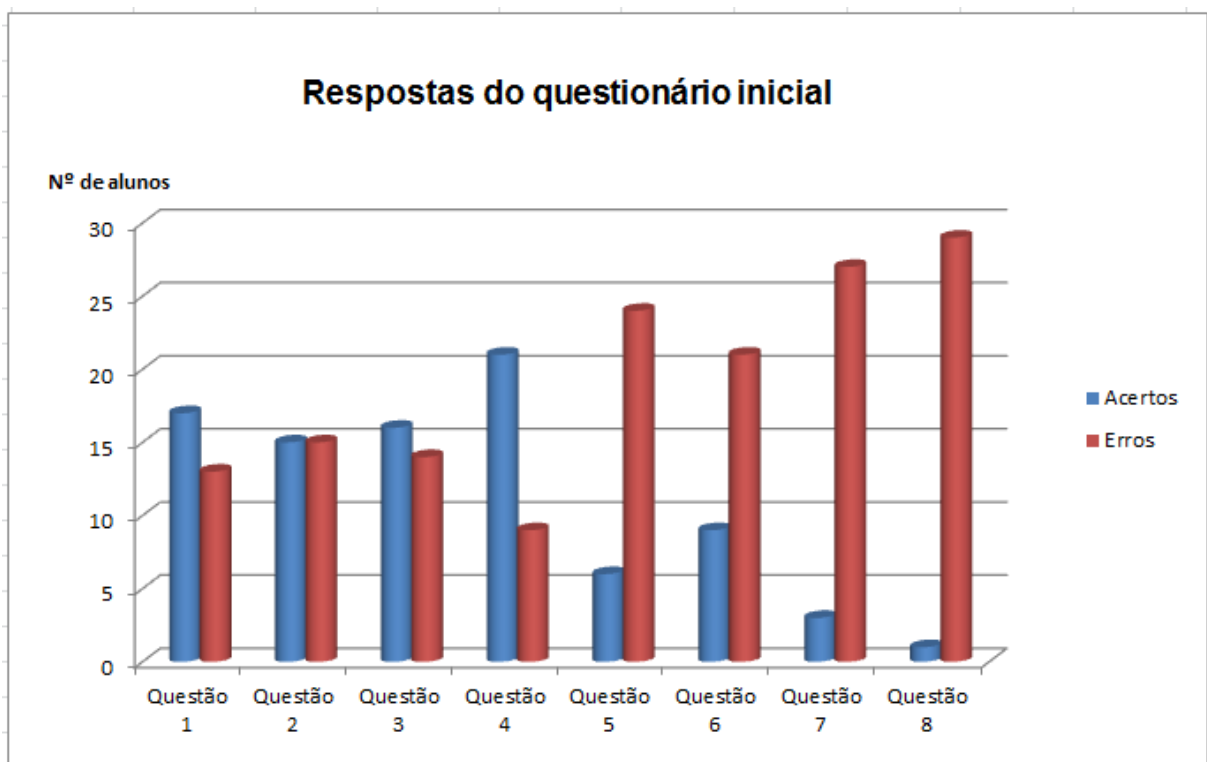
Neste capítulo descrevem-se os resultados que surgiram a partir da intervenção pedagógica. São mostrados os dados coletados, a análise dos questionários, as respostas dos alunos referentes às atividades computacionais e atividades experimentais, os comentários dos alunos, as fotos e os demais registros do que ocorreu durante a pesquisa. Para que se compreenda melhor o que foi realizado, dividiu-se este capítulo em três subseções. A primeira apresenta a análise do questionário inicial, a segunda trata da análise das atividades computacionais e das atividades experimentais integradas e na terceira e última subseção faz-se a análise do questionário final. Em consideração ao grande volume de informações obtidas com a coleta de dados, foram analisadas algumas das respostas dos alunos, na condição de amostra representativa, seja de forma individual ou em grupos, de acordo com cada atividade desenvolvida durante a pesquisa. O critério de escolha destas respostas baseou-se na semelhança entre elas.

4.1 Análise do questionário inicial

Um questionário inicial (APÊNDICE C), contendo oito perguntas de caráter discursivo, foi utilizado como o primeiro instrumento de coleta de dados. O objetivo foi detectar os possíveis conhecimentos prévios sobre eletrodinâmica e magnetismo dos alunos relacionados à pesquisa. Em outro momento, os guias POE e questionamentos dos alunos nas atividades computacionais e nas atividades experimentais também foram usados como material de análise, com o intuito de deixar evidentes as suas contribuições para a compreensão da indução eletromagnética.

Antes das discussões a respeito das respostas dos alunos sobre cada questão, fez-se um gráfico, mostrado na Figura 3, onde existe um comparativo da quantidade de respostas cientificamente aceitas como corretas e das respostas cientificamente entendidas como incorretas fornecidas pelos alunos no questionário inicial. A referência científica utilizada para julgar cada questão como correta ou incorreta está inserida em sua análise.

Figura 3 – Gráfico comparativo da quantidade de respostas cientificamente aceitas como corretas e das respostas cientificamente entendidas como incorretas fornecidas pelos alunos no questionário inicial.



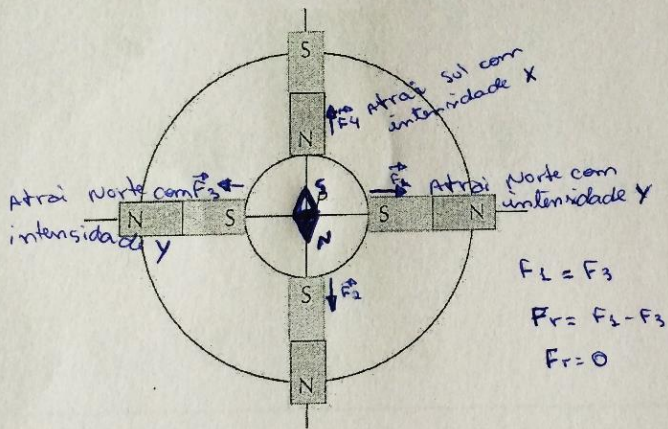
Fonte: O autor, 2016.

No processo de resolução do questionário inicial, os alunos perguntaram o que fazer quando não sabiam uma questão. Em vista disso, o pesquisador os orientou, afirmando que tentassem o máximo possível resolver as questões, evitando que ficassem em branco. A primeira questão, que trata do conceito de campo magnético de ímãs, teve o objetivo de avaliar conhecimentos dos alunos a respeito das características do vetor indução magnética. Assim, 17 dos alunos desenharam com coerência científica uma figura que representasse a orientação

correta da agulha da bússola posta no centro de um conjunto de ímãs com polos embaralhados. A Figura 4 mostra a Questão 1 e a resposta dos alunos A24 e A2, respectivamente.

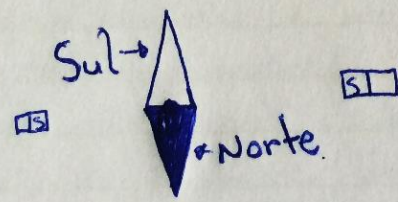
Figura 4 - Resposta dos alunos A24 e A2, respectivamente, atribuídas à Questão 1 do questionário inicial.

01) Quatro ímãs iguais em forma de barra, com as polaridades indicadas, estão apoiados sobre uma mesa horizontal, de acordo com a figura abaixo, visto de cima.




Uma pequena bússola é também colocada na mesa, no ponto central P, equidistante dos ímãs, indicando a direção e o sentido do campo magnético dos ímãs em P. Desconsiderando o campo magnético da Terra, desenhe uma figura que represente a orientação correta da agulha da bússola.

Resposta aluno A 24



Resposta aluno A2

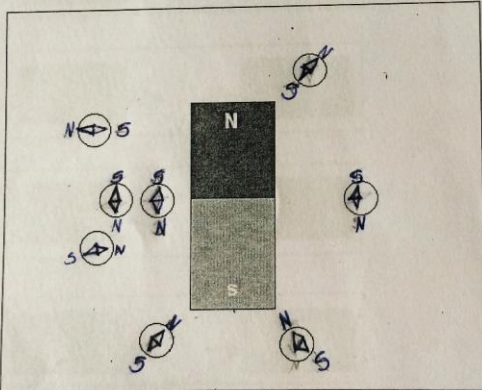


A segunda questão, que trata do conceito de campo magnético de ímãs, teve como objetivo avaliar conhecimentos dos alunos a respeito da definição das linhas de indução. Assim, 15 alunos desenharam pequenas setas que pudessem representar a direção da linha de campo naquele ponto próximo ao ímã. As duas respostas abaixo representam estes alunos (A3 e A23). Os outros 15 que se equivocaram (em alguns pontos) em suas respostas, mesmo assim mostraram possuir uma noção bem aproximada da direção das linhas de campo. A Figura 5 mostra a Questão 2 e a resposta dos alunos A3 e A23, respectivamente.

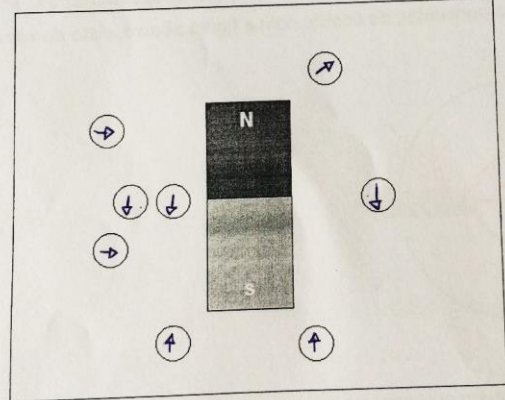
Figura 5 - Resposta dos alunos A3 e A23, respectivamente, atribuídas à Questão 2 do questionário inicial.

02) Você também pode observar o efeito magnético do ímã no espaço ao seu redor com a ajuda de uma pequena bússola e um ímã em forma de barra. Se distribuirmos bússolas ao redor deste ímã, observaremos que a direção assumida pela agulha das bússolas é diferente em cada ponto. Desta forma, observe a figura abaixo e considere cada círculo uma bússola em volta de um ímã em forma de barra. Desenhe no interior de cada círculo uma seta que represente a direção da agulha da bússola naquele ponto em que foi colocada em relação ao ímã.

Resposta aluno A3



Resposta aluno A23



A terceira questão, que refere ao conceito de campo magnético terrestre, teve como objetivo avaliar conhecimentos dos alunos a respeito da orientação da agulha de uma bússola e sua relação com o campo magnético da Terra. Assim, 14 alunos responderam-na mostrando que entendem o que é polaridade nos ímãs, mas não entendem o conceito de campo. A Figura 6 mostra a Questão 3 e a resposta dos alunos A22, A12 e A7, respectivamente.

Figura 6 - Resposta dos alunos A22, A12 e A7, respectivamente, atribuídas à Questão 3 do questionário inicial.

03) O que você entende por campo magnético? Quais as evidências da existência do campo magnético terrestre (descreva o funcionamento da bússola e o comportamento de alguns animais sensíveis a esse campo)? **Resposta aluno A22**

É um campo gerado a partir de ondas eletromagnéticas que saem de ímãs ou corpos eletromagnetizados, é uma área de atração ou repulsão. Temos evidências como os ímãs, as bússolas que funciona a partir de equipamento que necessita de um ímã e uma agulha, ao ficar em repouso o lado norte do ímã irá sofrer atração pelo lado sul magnético da Terra e o sul do ímã irá sofrer atração pelo norte magnético da Terra, dessa forma haverá um alinhamento da agulha da bússola. Geralmente o lado norte da bússola é pintado de vermelho.

Resposta aluno A12

Campo magnético é a região próxima do ímã, sua orientação é um exemplo. A bússola aponta para norte que é o sul do campo magnético da Terra.

Resposta aluno A7

Campo magnético pode ser entendido como linhas imaginárias que "conectam" para uma direção. Uma compreensão do campo magnético são algumas espécies de pássaros migratórios que utilizam-se do campo magnético terrestre para se orientar.

A quarta questão, que trata do conceito de força magnética em ímãs, teve como objetivo verificar o que os alunos conhecem sobre fenômenos magnéticos entre ímãs. 21 alunos mostraram habilidade em reconhecer as relações de força entre os polos magnéticos dos ímãs. A Figura 7 mostra a Questão 4 e a resposta dos alunos A25 e A29, respectivamente.

Figura 7 - Resposta dos alunos A25 e A29, respectivamente, atribuídas à Questão 4 do questionário inicial.

04) Quando colocamos dois ímãs próximos um do outro, observamos a existência de forças com determinadas características (atração ou repulsão). Ímãs com diferentes orientações experimentam diferentes arranjos de forças, desse modo identifique por flechas quais as forças magnéticas que agem em cada par de ímãs na figura abaixo.

Resposta aluno A25

The student A25's response shows four pairs of magnets in boxes:

- Pair 1: Two magnets with North (N) and South (S) poles facing each other. A right-pointing arrow is drawn from the S pole of the left magnet to the N pole of the right magnet, with the word "Atração" (Attraction) written below.
- Pair 2: Two magnets with South (S) and North (N) poles facing each other. A right-pointing arrow is drawn from the N pole of the left magnet to the S pole of the right magnet, with the word "Atração" (Attraction) written below.
- Pair 3: Two magnets with North (N) and South (S) poles facing each other. Two arrows point away from each other: one from the N pole of the left magnet to the left, and one from the S pole of the right magnet to the right, with the word "Repulsão" (Repulsion) written below.
- Pair 4: Two magnets with South (S) and North (N) poles facing each other. Two arrows point away from each other: one from the N pole of the left magnet to the left, and one from the S pole of the right magnet to the right, with the word "Repulsão" (Repulsion) written below.

Resposta aluno A29

The student A29's response shows four pairs of magnets in boxes:

- Pair 1: Two magnets with North (N) and South (S) poles facing each other. Two arrows point towards each other: one from the N pole of the left magnet to the right, and one from the S pole of the right magnet to the left, with the word "Atração" (Attraction) written to the right.
- Pair 2: Two magnets with South (S) and North (N) poles facing each other. Two arrows point towards each other: one from the S pole of the left magnet to the right, and one from the N pole of the right magnet to the left, with the word "Atração" (Attraction) written to the right.
- Pair 3: Two magnets with North (N) and South (S) poles facing each other. Two arrows point away from each other: one from the N pole of the left magnet to the left, and one from the S pole of the right magnet to the right, with the word "Repulsão" (Repulsion) written to the right.
- Pair 4: Two magnets with South (S) and North (N) poles facing each other. Two arrows point away from each other: one from the N pole of the left magnet to the left, and one from the S pole of the right magnet to the right, with the word "Repulsão" (Repulsion) written to the right.

Fonte: O autor, 2016.

Percebe-se pelo desenvolvimento das questões 1, 2, 3 e 4 que mais de 50% dos alunos possui conhecimentos sobre as propriedades magnéticas dos ímãs,

sobre sua polaridade, sua relação com o campo magnético da Terra, sua aplicabilidade prática (bússola) e sobre alguns fenômenos naturais que os representa, como a aurora boreal e a orientação migratória de pássaros, por exemplo.

As respostas desses alunos estão de acordo com as concepções científicas dos autores Walker, Halliday e Resnick (2010, p. 205), a respeito do magnetismo:

As linhas de campo entram no ímã por uma das extremidades e saem pela outra. A extremidade pela qual as linhas saem é chamada de polo norte do ímã; a outra extremidade, pela qual as linhas entram, recebe o nome de polo sul. [...] Polos magnéticos de nomes diferentes se atraem e polos do mesmo nome se repelem. [...] A Terra possui um campo magnético que é produzido no interior do planeta por um mecanismo até hoje pouco conhecido. Na superfície terrestre podemos observar esse campo com o auxílio de uma bússola, constituída por um ímã fino em forma de barra montado em um eixo de baixo atrito. Este ímã em forma de barra, ou agulha, aponta aproximadamente na direção norte-sul porque o polo norte do ímã é atraído para um ponto situado nas proximidades do polo geográfico norte.

A quinta questão, que se refere ao conceito de campo elétrico, teve o objetivo de reconhecer se os alunos compreendem a noção de campo elétrico e se eram capazes de caracterizá-lo por meio de analogia com outro tipo de campo. Apenas 6 alunos conseguiram realizar com sucesso a devida analogia entre os campos. A Figura 8 mostra a Questão 5 e a resposta dos alunos A17 e A20, respectivamente.

Figura 8 - Resposta dos alunos A17 e A20, respectivamente, atribuídas à Questão 5 do questionário inicial.

05) Para que se possa compreender melhor a definição de campo elétrico, pode ser feita uma comparação com o conceito de campo gravitacional estudado anteriormente em Gravitação Universal. Mesmo sem poder ver nem tocar esse campo, pode-se inferir sua existência utilizando um corpo de prova. Assim, descreva a analogia existente entre o campo elétrico e o campo gravitacional. **Resposta aluno A17**

Da mesma forma que o campo gravitacional corresponde a influência que a massa de um corpo exerce sobre determinada região do espaço, o campo elétrico corresponde à influência da carga que um corpo exerce sobre determinada região do espaço.

Resposta aluno A20

ambos os campos agem sobre um corpo, assim como a gravitação nos afeta, o campo elétrico age em determinado objeto.

Fonte: O autor, 2016.

Percebe-se que as respostas dos alunos trazem semelhanças com as definições de campo elétrico propostas por Gaspar (2000, p. 34), que afirma que “chamaremos sempre de campo elétrico a região em que as partículas eletricamente carregadas sofrem a ação de força ou adquirem energia devido à sua carga elétrica”. Notam-se ainda aspectos em suas respostas paralelos à analogia entre os campos elétrico e gravitacional publicada por Hewitt (2002, p. 380-381), que afirma que:

Da mesma forma como o espaço ao redor de um planeta ou de outros corpos massivos está preenchido por um campo gravitacional, o espaço ao redor de cada corpo eletricamente carregado está também preenchido por um campo elétrico – uma espécie de aura que se estende através do espaço.

A sexta questão, que diz respeito ao conceito de corrente elétrica em um fio condutor, teve como objetivo avaliar conhecimentos dos alunos sobre esse fenômeno, sendo que 9 alunos responderam de forma cientificamente aceitável. A Figura 9 mostra a Questão 6 e a resposta dos alunos A17 e A11, respectivamente.

Figura 9 - Resposta dos alunos A17 e A11, respectivamente, atribuídas à Questão 6 do questionário inicial.

06) Ao acionar um interruptor de uma lâmpada elétrica, esta se acende quase instantaneamente, embora possa estar a centenas de metros de distância. Explique porque tal fenômeno ocorre. **Resposta aluno A17**

Isso deve-se ao fato dos elétrons livres do condutor se colocarem em movimento simultâneos

Resposta aluno A11

Isso deve-se ao fato de elétrons livres do condutor serem se em movimento simultaneamente em todo circuito.

Fonte: O autor, 2016.

As respostas dos alunos em relação ao conceito de corrente elétrica mostradas anteriormente se aproximam das afirmações do autor Gaspar (2009, p. 91) no que se refere ao movimento dos portadores de carga, ou seja, os elétrons:

A corrente elétrica se estabelece em um condutor quando nele existe um campo elétrico e tem como elemento básico o portador da carga elétrica sobre o qual a carga atua. Em condutores sólidos, [...] esses portadores de carga são elétrons, que constituem uma parcela ínfima da estrutura do condutor e têm um movimento muito irregular.

De acordo com Walker, Halliday e Resnick (2010, p. 141), “os elétrons livres que existem no interior de um fio de cobre se movem em direções aleatórias com uma velocidade média da ordem de 10^6 m/s”. Como os vetores velocidade deste movimento dos elétrons estão orientados ao acaso, a velocidade média é nula. No entanto, ao ligarmos o interruptor de um circuito, o campo elétrico que aparece no condutor é estabelecido instantaneamente em todo o fio, pois a velocidade de propagação desse campo é próxima à velocidade da luz. Essa altíssima velocidade pode justificar o caráter instantâneo do fluxo de corrente expressado pelos alunos em suas respostas.

A sétima questão, que trata do conceito de força magnética sobre carga móvel em um campo magnético, teve como objetivo avaliar conhecimentos dos alunos a respeito da aplicação desse conceito em algum dispositivo, sendo que apenas 3 alunos foram capazes de mostrar a relação existente entre eletricidade e magnetismo como princípio básico de funcionamento para alguma tecnologia. A Figura 10 mostra a Questão 7 e a resposta dos alunos A17 e A11, respectivamente.

Figura 10 - Resposta dos alunos A17 e A11, respectivamente, atribuídas à Questão 7 do questionário inicial.

07) Uma aplicação importante da força magnética, que atua em uma carga elétrica em movimento, é encontrada no funcionamento do tubo de imagens de um aparelho de TV de tubo. Explique como se forma a imagem nesse tubo de TV? **Resposta aluno A17**

É criado um campo magnético no vertical sem no horizontal, como tela coberta por material fluorescente, e atingido pelo feixe de elétrons existente nos campos magnéticos o impacto deles contra a ~~de~~ tela produz a imagem.

Resposta aluno A11

Um feixe de elétrons direcionado os elétrons usando campo magnético a determinadas partes do display.

Fonte: O autor, 2016.

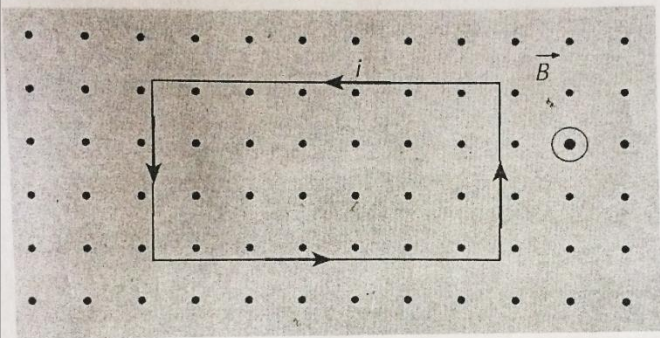
As repostas dos alunos A17 e A11 são muito próximas do conceito de força magnética sobre carga móvel em um campo magnético proposto por Young e Freedman (2013, p. 206-207):

Quando um campo magnético está presente, em geral o feixe de elétrons se desvia. [...] Se a força magnética atinge seu valor máximo, o feixe de elétrons é desviado ao longo de uma direção perpendicular ao plano de B e de v . O módulo e o sentido do desvio determinam o módulo e o sentido do vetor B .

A oitava questão, que se refere ao conceito de força magnética sobre um condutor reto em um campo magnético uniforme, teve como objetivo avaliar conhecimentos dos alunos a respeito de um condutor percorrido por corrente elétrica imerso em um campo magnético ficando sob a ação de uma força magnética, sendo que apenas 1 aluno foi capaz de mostrar algum conhecimento em relação ao uso da regra da mão direita referente a esse assunto. A Figura 11 mostra a Questão 8 e a resposta do aluno A6.

Figura 11 - Resposta do aluno A6 atribuída à Questão 8 do questionário inicial.

08) Uma espira retangular é colocada em um campo magnético com o plano da espira perpendicular à direção do campo, conforme mostra a figura.



Se a corrente elétrica flui no sentido mostrado, pode-se afirmar em relação à resultante das forças, e ao torque total em relação ao centro da espira, que:

A força resultante será nula, pois o sentido da corrente e o da força se contra dizem.

Fonte: O autor, 2016.

Dessa forma, pelo que pôde ser percebido no desenvolvimento das questões, afirma-se que pouco mais da metade dos alunos possui conhecimentos prévios nesta situação de atividade.

O questionário inicial foi um indicador para o modo como o pesquisador deveria conduzir as atividades. No início e no decorrer das aulas, foi realizada a abordagem teórica dos assuntos. Sempre que necessário, referências a esses princípios básicos foram realizadas.

Depois dos estudantes responderem ao questionário inicial, os assuntos (Apêndices D, E e F), que envolvem as atividades computacionais e atividades experimentais integradas foram trabalhados no laboratório de física do IFTO, como havia sido planejado.

4.2 Análise das atividades computacionais e das atividades experimentais integradas

As atividades foram desenvolvidas em nove encontros, nos quais foram trabalhados três assuntos. No Assunto 1 tratou-se da Experiência de Oersted (Apêndice D), no assunto 2 discutiu-se a respeito do campo magnético no interior de um solenoide (Apêndice E) e no Assunto 3 trabalhou-se com a Indução Eletromagnética (Apêndice F). As atividades foram distribuídas de modo que todas as turmas tiveram acesso a todos os assuntos. Mais adiante mostra-se como estes três assuntos foram abordados pelos grupos de alunos de forma integrada.

No início de cada aula, todos os materiais para a realização dos experimentos, incluindo o guia POE e o computador (às vezes usava-se o *notebook* do próprio aluno) com os *softwares* instalados, já estavam nas bancadas do Laboratório de Física do IFTO, divididos uniformemente para pequenos grupos de alunos (houve grupos de dois, três e quatro alunos). A formação desses grupos teve a finalidade de promover interação entre eles, com a intenção de contribuir para uma melhor discussão do assunto abordado e, assim, contribuir para a aprendizagem.

Inicialmente, foram abordados os conteúdos relacionados à Indução Eletromagnética de forma teórica. No Laboratório de Física do IFTO, encontra-se um quadro branco que foi utilizado para esquematizar ou equacionar o que foi necessário. Na sequência, os alunos desenvolveram, sob a supervisão do professor, as atividades computacionais seguidas das atividades experimentais.

No início das atividades, os alunos sempre eram alertados quanto ao uso do método POE com a seguinte observação: *antes de executar a simulação, responda às questões, procurando dizer antecipadamente o que ocorrerá em cada situação; faça suas anotações. Depois, realize a simulação, procurando explicar as diferenças (caso existam) entre o que você observou e o que você previu; faça suas anotações.* Também eram advertidos com as seguintes afirmações: *usam-se as simulações apenas para representar os eventos reais e assim facilitar nossa compreensão em relação a eles. As simulações representam a realidade, mas não são iguais à realidade.*

As atividades foram realizadas por turma, os alunos de cada turma foram organizados em grupos denominados G1, G2, G3 e assim sucessivamente, por razões de conveniência, simplificação e anonimato. Sem importar o número de alunos da turma, eles sempre se dividam uniformemente em quatro grupos, pois esse é o número de bancadas do laboratório de Física do IFTO.

A seguir, descreve-se o que ocorreu durante o desenvolvimento dos três assuntos abordados na pesquisa na forma de aulas. No entanto, é necessário esclarecer que, devido o grande número de alunos envolvidos com a pesquisa e pela semelhança de suas respostas para a mesma questão, as respostas discutidas a seguir são amostras. É importante considerar ainda que se procurou associar as falas dos alunos durante a realização das atividades, anotadas no diário de campo, com as respostas dadas nos guias POE pelos grupos dos quais eles faziam parte.

Assunto 1 – Experiência de Oersted (Apêndice D)

Este assunto foi desenvolvido três vezes: uma no dia 12 de fevereiro de 2016, na turma de Eletrotécnica; outra no dia 23 de fevereiro de 2016, nas turmas de Eventos e Agronegócios, juntas; e nos últimos horários da tarde do mesmo dia na turma de Informática. Essas aulas tiveram como objetivo explorar o surgimento da relação entre Eletricidade e Magnetismo, abordar a importância e o uso da regra da mão direita na sua aplicação para descrever o sentido do campo magnético em

torno do condutor, tratar das principais características do campo magnético produzido por uma corrente elétrica, aspecto considerado importante para auxiliar na compreensão da Indução Eletromagnética posteriormente.

Os objetivos específicos das aulas foram explorar a relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos; descrever o aspecto das linhas de campo magnético produzidas por um condutor reto percorrido por corrente elétrica; caracterizar o vetor indução magnética gerado por um condutor reto percorrido por corrente elétrica (direção e sentido); compreender as relações que envolvem as grandezas da Lei de Biot-Savart (intensidade do vetor indução magnética).

Nestas aulas, foram trabalhadas quatro questões envolvendo atividades computacionais (questões *a*, *b*, *c* e *d*) de simulação e cinco (questões *a*, *b*, *c*, *d* e *e*) envolvendo as atividades experimentais. Durante as atividades todos os grupos notaram a relação existente entre corrente elétrica e o surgimento de um campo magnético.

Percebeu-se, no entanto, que três alunos dos grupos fizeram referência ao questionário inicial, pois eles mencionaram ter dúvidas quanto às linhas de campo formadas e quanto ao sentido da corrente. A Figura 12 apresenta as respostas dos grupos G2 (formado pelos alunos A4 e A5) e G3 (formado pelos alunos A6 e A7) em relação à Questão *a* da simulação.

Figura 12 – Resposta dos grupos G2 e G3, respectivamente, atribuídas à Questão a referente à simulação.

a) O que acontece com a agulha da bússola se ela for aproximada do fio condutor percorrido por corrente elétrica? Explique a causa de tal fenômeno. **Vá ao software “O Experimento de Oersted”, marque a opção “mostrar bússola”, explore a simulação e responda a pergunta novamente.** (Na simulação não se considera o campo magnético da Terra). **Resposta grupo G2**

Previsão:

A bússola vai se movimentar. A explicação para tal causa, é devido a corrente produzir um campo magnético, que provoca a movimentação da bússola.

Explicação após observações feitas no software:

A diferença encontrada da previsão para observação do software, foi que: quanto maior a distância entre a corrente e a bússola, menor será a força do campo magnético sobre a bússola.

Resposta grupo G3

Previsão:

A agulha da bússola vai variar de acordo com o campo produzido pela corrente que estará circulando no fio.

Explicação após observações feitas no software:

Foi como previsto, o campo produzido fará a agulha da bússola movimentar, de acordo com a posição do bússola. Ao circular o fio a bússola gira duas vezes até voltar a posição inicial, demonstrando o campo magnético da Terra.

Ao analisar as respostas dos alunos referentes aos grupos G2 e G3, percebe-se que a ideia da geração de campo magnético por corrente elétrica está em evidência, ou seja, eles verificaram que o movimento da bússola, tendo sua agulha formada por ímãs, é causado pela influência do campo magnético gerado pela corrente elétrica do condutor. Essa constatação está de acordo com as afirmações de Nussenzveig (1997, p. 139):

Em 1819, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted, procurando ver se uma corrente elétrica atuaria sobre um ímã, colocou uma bússola (agulha imantada) perpendicular a um fio retilíneo por onde passava corrente, e não observou nenhum efeito. Entretanto, descobriu que, quando ela era colocada paralelamente ao fio, a bússola sofria uma deflexão, acabando por orientar-se perpendicularmente a ele. Por conseguinte, uma corrente produz um campo magnético.

Outro aspecto importante em relação à resposta do grupo G2 é que foi percebido que os alunos conseguiram perceber novas informações após as observações realizadas no *software* e compará-las com suas previsões, o que mostra, assim, a utilidade do método POE. Depois de estudos teóricos, eles conseguiram responder à questão adequadamente. No entanto, ao realizar a atividade computacional, conseguiram perceber que, além da bússola estar sob a ação de um campo magnético, essa intensidade é proporcional à distância entre ela e o fio condutor.

As questões *a*, *b*, *c* e *d*, referentes à simulação, estão relacionadas e todas dizem respeito ao experimento de Oersted. Na questão *a* foi perguntado quais as ações da bússola ao ser aproximada de um fio condutor. Verificou-se que ela se movimenta devido ao surgimento de um campo magnético. Na questão *b*, questiona-se justamente qual a forma desse campo, no que se refere às suas linhas. A Figura 13 apresenta as respostas dos grupos G1 (formado pelos alunos A1, A2 e A3) e G10 (formado pelos alunos A28, A29 e A30) em relação à Questão *b*.

Figura 13 – Resposta dos grupos G1 e G10, respectivamente, atribuídas à Questão b referente à simulação.

b) Qual o aspecto e a posição (em relação ao condutor) das linhas de campo magnético produzidas pelo condutor reto percorrido por corrente elétrica? Vá ao **software** “O Experimento de Oersted”, marque a opção “mostrar linhas de indução”, explore a simulação e responda a pergunta novamente.

Previsão: Resposta grupo G1

O campo será gerado em volta do fio condutor próximo a ele de forma circular

Explicação após observações feitas no *software*:

O campo será gerado de forma circular em volta do fio condutor próximo a ele.

Resposta grupo G10

Previsão:

As linhas de campo são circulares e estão ao redor do fio condutor

Explicação após observações feitas no *software*:

Círculos ao redor do fio condutor

Fonte: O autor, 2016.

Observando as respostas dos grupos G1 e G10, verifica-se que estão de acordo com Walker, Halliday e Resnick (2010, p. 235), quando os autores afirmam que “As linhas de campo magnético produzidas por uma corrente em um fio retilíneo longo são círculos concêntricos em torno do fio”. É necessário esclarecer que as linhas de campo magnético também já foram denominadas linhas de força magnética, a critério de cada autor.

Durante a realização da atividade computacional, o aluno A28 fez a seguinte afirmação: “professor, antes eu achava que as linhas de campo eram soltas em volta do fio, mas depois de ver aqui na simulação percebi que são fechadas”. Assim, diz-se que o *software* possui um efeito positivo nos alunos em se tratando de visualização dos detalhes de um fenômeno. Brandão, Araújo e Veit (2008) afirmam que uma atividade computacional desenvolvida adequada e didaticamente pode ser viável à contextualização e à visualização de vários aspectos físicos, fornecendo, assim, mais sentido ao que está sendo proposto para os alunos. A Figura 14 apresenta as respostas dos grupos G1 (formado pelos alunos A1, A2 e A3) e G3 (formado pelos alunos A6 e A7) em relação à Questão c.

Figura 14 – Resposta dos grupos G1 e G3, respectivamente, atribuídas à Questão c referente à simulação.

c) Qual a direção e o sentido do vetor indução magnética gerado por um condutor reto percorrido por corrente elétrica? Vá ao *software* “Experimento de Oersted”, marque as opções “mostrar linhas de indução”, “mostrar sentido do campo”, explore a simulação e responda a pergunta novamente.

Previsão: **Resposta grupo G1**

A direção do vetor indução magnética é tangente as linhas de campo geradas e o sentido é perpendicular ao sentido da corrente elétrica.

Explicação após observações feitas no *software*:
A direção do vetor indução magnética é tangente as linhas de indução campo geradas. E o sentido é perpendicular ao sentido da corrente elétrica.

Resposta grupo G3

Previsão:
Sua direção será perpendicular ao plano do fio.
O sentido estará apontando do fio seguindo as linhas de indução em movimento sentido horário.

Explicação após observações feitas no *software*:
(Sim). O sentido do campo será horário, e sua direção perpendicular ao plano do fio, como previsto.

Fonte: O autor, 2016.

De acordo com a escrita dos alunos dos grupos G1 e G3, percebe-se que suas previsões condizem com as observações feitas no *software*. Observa-se ainda que suas respostas se apresentam sob a mesma ótica das ideias de Walker, Halliday e Resnick (2010), quando estabelecem que a direção e o sentido do vetor campo magnético são atribuídos segundo a regra da mão direita, ou seja, o vetor indução magnética é sempre tangente às circunferências abstratas imaginadas ao redor do condutor, em planos perpendiculares.

Durante a realização dessa atividade, envolvendo a *questão c*, o aluno A7 do grupo G3, diante de certa dificuldade em utilizar tal regra, levantou a seguinte discussão: "*professor, mas e a regra da mão direita, de onde vem?*". O professor/pesquisador respondeu que se trata de um mecanismo com caráter de memorização que se convencionou nos livros didáticos do ensino médio e superior, mas que ainda não havia encontrado na literatura uma explicação ou justificativa teórica ou matemática para a utilização dessa regra. No entanto, usaram-se as palavras de Machado (2004, p. 41) para explicar a forma adequada de seu emprego para designar o sentido do vetor campo magnético:

Considere os dedos indicador e médio da mão direita. Represente o primeiro vetor do produto vetorial pelo dedo indicador, e o segundo, pelo dedo médio (a ordem é importante). Disponha esses dedos da mesma forma como os vetores estão no espaço. Agora forme, com o polegar da mão direita, um ângulo de 90° com o plano formado pelos outros dedos. O sentido do vetor é o mesmo que o indicado pelo polegar.

No decorrer da discussão os alunos foram concordando que a regra da mão direita era difícil de ser entendida na teoria e também difícil de ser aplicada no *software*, sugerindo que talvez fosse melhor compreendida em um experimento real.

A próxima e última questão que envolve o experimento de Oersted se refere à Lei de Biot-Savart. Ela teve a pretensão de verificar o que os alunos compreenderam sobre as relações de proporção entre o campo magnético, a corrente elétrica no fio condutor e a distância do ponto que se pretende medir a intensidade do campo até o fio. A Figura 15 apresenta as respostas dos grupos G4 (formado pelos alunos A8, A9 e A10) e G7 (formado pelos alunos A17, A18, A19 e A20) em relação à Questão d.

Figura 15 – Resposta dos grupos G4 e G7, respectivamente, atribuídas à Questão c referente à simulação.

d) No software “Experimento de Oersted”, marque a opção “Intensidade B na direção X”, movimente o medidor “Indução magnética” próximo ao fio condutor e explique as relações de proporção que envolvem as grandezas (campo, corrente e distância) de acordo com a Lei de Biot-Savart.

Previsão: **Resposta grupo G4**

Quanto mais perto do fio a intensidade B em direção X ~~se~~ aumenta. E quanto maior a distância menor a intensidade B.

Explicação após observações feitas no software:

A previsão está de acordo com o software

Resposta grupo G7

Previsão:

Quanto mais próximo do fio, maior será a intensidade do campo magnético

Explicação após observações feitas no software:

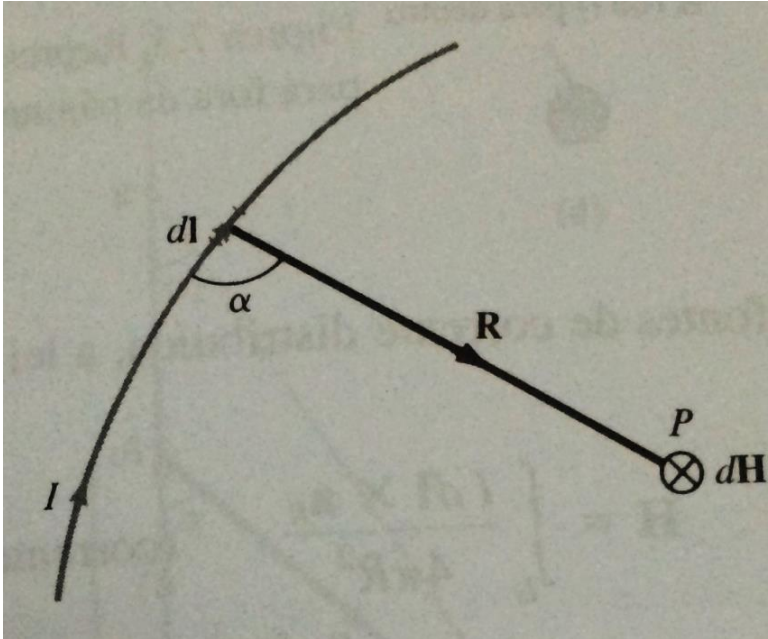
A corrente é a mesma, quanto maior a distância, menor a intensidade do campo, sendo, inversamente proporcional.

Fonte: O autor, 2016.

Segundo a escrita dos alunos dos grupos G4 e G7, nota-se que eles foram capazes de detectar a relação inversamente proporcional entre a corrente elétrica no fio condutor e a distância do ponto que se pretende medir a intensidade do campo até o fio. Suas afirmações estão de acordo com as ideias do autor Sadiku (2004, p. 244), no que se refere à lei de Biot-Savart e de acordo com a Figura 16 que se trata de esclarecer essa relação de distância. Ele diz que a lei

[...] estabelece que a intensidade do campo magnético dH gerada em um ponto P pelo elemento diferencial de corrente $I dl$ é proporcional ao produto entre $I dl$ e o seno do ângulo α , entre o elemento e a linha que une P ao elemento, e é inversamente proporcional ao quadrado da distância R entre P e o elemento.

Figura 16 – Campo magnético dH em P devido ao elemento de corrente $I dl$.



Fonte: SADIKU (2004, p. 245).

O aluno A19 do grupo G7 afirmou que "*é muito mais fácil entender e lembrar da proporção entre a distância da corrente e a intensidade do campo magnético usando o medidor X do software. Fica evidente que a intensidade aumenta quanto mais próximo tiver do fio, pois o número aumenta*". Dessa forma, diz-se que as simulações podem contribuir para o entendimento de aspectos dinâmicos na análise de um fenômeno físico. A esse respeito, Teodoro e Veit (2002) afirmam que o uso de tecnologias, assim como as atividades computacionais, facilitam os processos de ensino e de aprendizagem, principalmente no que se refere a sistemas que consideram movimento.

Segue-se com a análise das próximas cinco questões que se referem às atividades experimentais. A Figura 17 apresenta as respostas dos grupos G6 e G4 (formado pelos alunos A15, A16, A8, A9 e A10) em relação à *Questão a*.

Figura 17 – Resposta dos grupos G4 e G7, respectivamente, atribuídas à *Questão a*, referente ao experimento.

a) Descrever o comportamento da agulha da bússola no momento em que o circuito foi fechado. O que aconteceu?

Previsão: **Resposta grupo G6**
faz movimento circular em sentido anti horário

Explicação após observações feitas no experimento:
após o circuito ser fechado houve um movimento circular anti horário.

Resposta grupo G4

Previsão:
A corrente fará com que a bússola mude o sentido.

Explicação após observações feitas no experimento:
O campo magnético fez com que a agulha mudasse de direção.

Fonte: O autor, 2016.

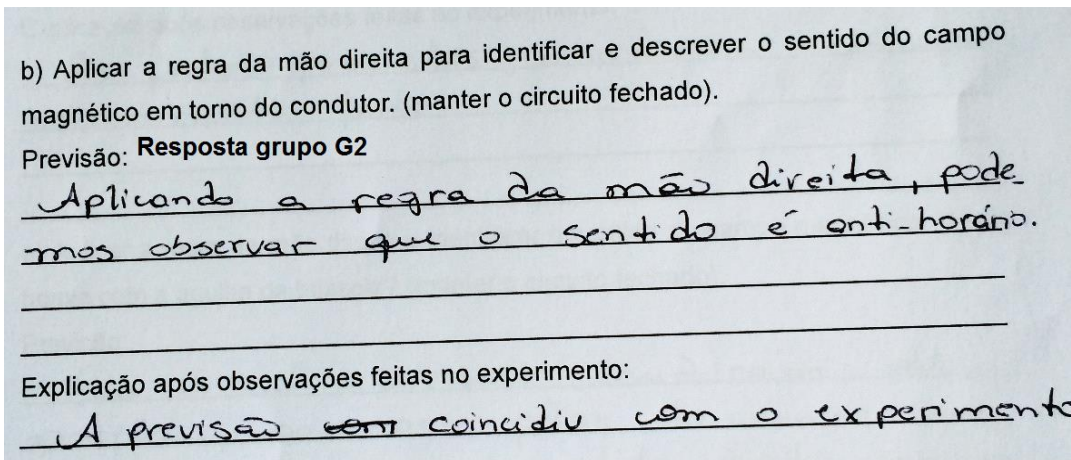
Observando-se as respostas dos alunos dos grupos G6 e G4 para a *questão a*, que envolve experimento real, nota-se que elas condizem com as respostas dadas pelos grupos G2 e G3 na *questão a* desta mesma aula referente à simulação envolvendo o experimento de Oersted, quando foram utilizadas as afirmações de Nussenzveig (1997) para a devida justificativa.

No decorrer da aula, o aluno A8 do grupo G4 afirmou o seguinte: "*professor, gostei desta atividade. Fazer duas questões bem parecidas, uma na simulação e outra no experimento, me ajudou muito a entender melhor o conteúdo*". Dessa forma, pode-se perceber um sinal de que as atividades computacionais integradas com atividades experimentais podem auxiliar na mudança da postura dos alunos diante das aulas, tornando-os mais participativos.

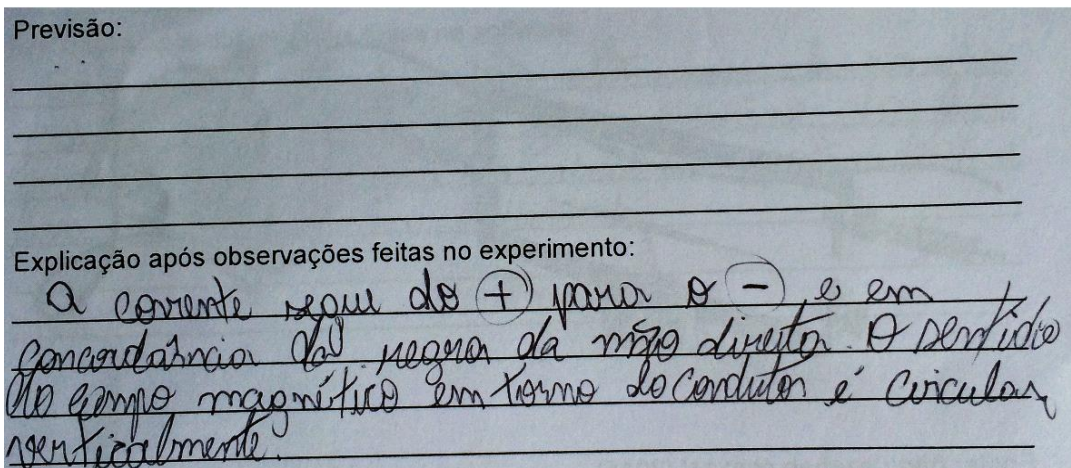
Ainda durante a resolução da *questão a*, o aluno A16, do grupo G7, fez a seguinte afirmação, apoiado pelos seus colegas: "*professor, a agulha da bússola na simulação é diferente da agulha aqui no experimento. Aqui temos que nos preocupar com o campo magnético da Terra e ter mais cuidado com a montagem dos equipamentos, porém, na simulação, podemos fazer várias vezes e ver também o movimento da bússola de um jeito mais simples*". De acordo com a fala do aluno A16, nota-se que ele expressa, mesmo que indiretamente, sua preferência pelas atividades computacionais, devido sua facilidade de manuseio, possibilidade de repetição da atividade e maleabilidade proporcionadas pelo dinamismo da ferramenta. Os autores Trentin *et al.* (2005) defendem que as simulações possibilitam que o aluno repita os experimentos virtuais quantas vezes quiser e dizem ainda que eles têm menos medo de errar nos experimentos virtuais do que nos reais. Esse fato mostra que alguns alunos se sentem mais seguros na realização das atividades computacionais devido à sua simplicidade e praticidade.

As *questões a* e as seguintes: *b*, *c*, *d* e *e*, referentes ao experimento real, estão relacionadas, e todas dizem respeito ao experimento de Oersted. Essas questões também são muito semelhantes às das atividades de simulação realizadas no mesmo Assunto 1, propositalmente com o intuito de melhor integrá-las e melhor mensurar as atitudes dos alunos. A Figura 18 apresenta as respostas dos grupos G2 e G6 (formado pelos alunos A4, A5, A15 e A16) em relação à *Questão b*.

Figura 18 – Resposta dos grupos G2 e G6, respectivamente, atribuídas à *Questão b*, referente ao experimento.



Resposta grupo G6



Fonte: O autor, 2016.

Observando a resposta dos alunos dos grupos G2 e G6 nota-se que eles fazem o uso adequado da regra da mão direita, de acordo com as respostas corretas dos alunos dos grupos G1 e G3 da *questão c*, referente à simulação. Os autores Walker, Halliday e Resnick (2010) são utilizados para confirmar as respostas dos alunos no que se refere ao sentido do vetor campo magnético e suas relações com as linhas de campo circulares e de perpendicularidade com a corrente elétrica. As afirmações de Machado (2004) explicam o modo correto de se usar a regra da mão direita, estando de acordo com as respostas dos alunos.

Analisando ainda as respostas dos grupos G2 e G6, percebe-se uma diferença substancial entre elas no que diz respeito ao método POE. Enquanto o grupo G2 faz a previsão e confirma com o experimento corretamente, indicando

possíveis indícios de que houve compreensão do aluno no estudo teórico antes da realização do experimento, o grupo G6 não consegue fazer a previsão. Porém, após a realização da atividade experimental, consegue responder à questão adequadamente, indicando que pode ter havido sinais de entendimento apenas depois da realização do experimento.

A Figura 19 apresenta as respostas dos grupos G3 e G7 (formado pelos alunos A6, A7, A17, A18, A19 e A20) em relação à *Questão c*.

Figura 19 – Resposta dos grupos G3 e G7, respectivamente, atribuídas à *Questão c*, referente ao experimento.

c) Abrir o circuito e inverter o sentido da corrente elétrica, depois fechar o circuito e observar o comportamento da agulha da bússola. O que aconteceu?.

Previsão: **Resposta grupo G3**

O sentido do campo vai mudar e a agulha mudará de posição.

Explicação após observações feitas no experimento:

Foi de acordo com o previsto.

Resposta grupo G7

Previsão:

Ela continua paralela, porém, muda o norte e o sul.

Explicação após observações feitas no experimento:

Ela continua perpendicular, porém, girou 180° .

Fonte: O autor, 2016.

Observando-se as respostas dos alunos dos grupos G3 e G7, percebe-se que elas estão de acordo com as afirmações de Young e Freedman (2013, p. 205), no que diz respeito ao se aproximar uma agulha (pequeno pedaço de ímã) de um fio conduzindo corrente elétrica. Eles afirmam que a “agulha aponta para o norte quando não existe corrente. A agulha oscila quando existe uma corrente. O sentido da oscilação depende do sentido da corrente”.

Quanto ao método POE, percebe-se na escrita da previsão dos alunos do grupo G7 que eles tinham dúvida em relação ao comportamento da bússola próximo de um circuito elétrico, mesmo depois da aula teórica. Após realizarem o experimento, conseguiram responder à questão adequadamente. A Figura 20 apresenta as respostas dos grupos G5 (formado pelos alunos A11, A12, A13, A14) e do grupo G6 (formado pelos alunos A15 e A16) em relação à *Questão d*.

Figura 20 – Resposta dos grupos G5 e G6, respectivamente, atribuídas à *Questão d*, referente ao experimento.

d) Mudar a posição de um cabo de ligação e fazer a corrente elétrica passar pelo lado de baixo da agulha da bússola. O que aconteceu? (manter o circuito fechado).

Previsão: Resposta grupo G5

O sentido da bússola altera

Explicação após observações feitas no experimento:

O sentido da bússola alterou, como foi previsto

Resposta grupo G6

Previsão:

ficaria parado.

Explicação após observações feitas no experimento:

Muda a direção

Fonte: O autor, 2016.

Analisando-se as respostas dos alunos dos grupos G5 e G6, observa-se que elas estão de acordo com as afirmações dos autores Young e Freedman (2013, p. 205), quando dizem que, “na experiência de Oersted, uma bússola é colocada diretamente sobre um fio horizontal. Quando a bússola é colocada diretamente embaixo do fio, os sentidos das oscilações da agulha se invertem”.

No que se refere ao método POE, nota-se na resposta da previsão dos alunos do grupo G6 que eles se equivocam em relação ao movimento da agulha da bússola. No entanto, após realizarem o experimento, conseguiram responder à questão corretamente, mesmo sem uma explicação mais elaborada. A Figura 21 apresenta as respostas dos grupos G5 (formado pelos alunos A11, A12, A13, A14) e Do grupo G6 (formado pelos alunos A15 e A16) em relação à *Questão e*.

Figura 21 – Resposta dos grupos G5 e G6, respectivamente, atribuídas à *Questão e*, referente ao experimento.

e) Aplicar a regra da mão direita e identificar o sentido do campo magnético. O que houve com a agulha da bússola? (manter o circuito fechado).

Previsão: **Resposta grupo G5**

A agulha da bússola ficou no sentido contrário de que ela estava antes.

Explicação após observações feitas no experimento:

A agulha da bússola ficou no sentido contrário de que ela estava antes, aconteceu como previsto.

Resposta grupo G6

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

Ficou do sentido anti horário para horário.

Fonte: O autor, 2016.

Analisando-se as respostas dos alunos dos grupos G5 e G6, pode-se observar que elas condizem com as ideias de Young e Freedman (2013), no que diz respeito às relações de correntes elétricas e campos magnéticos. Eles afirmam que,

na experiência de Oersted, ao se inverter o sentido da corrente, o sentido do vetor campo magnético também se inverte.

No que diz respeito ao método POE, percebe-se, mais uma vez, na escrita da previsão dos alunos do grupo G6, que eles não foram capazes de responder a questão após o desenvolvimento da aula teórica. Mas, depois de realizarem o experimento, conseguiram responder à questão com certa aproximação, ou seja, no mínimo perceberam que a agulha da bússola se inverte quando se inverte o sentido da corrente.

Assunto 2 – Campo magnético no interior de um solenoide (Apêndice E)

Este assunto foi trabalhado três vezes: uma no dia 19 de fevereiro de 2016, na turma de Eletrotécnica; outra no dia 29 de fevereiro de 2016, nas turmas de Eventos e Agronegócios, juntas; e nos últimos horários da tarde do mesmo dia na turma de Informática. As aulas tiveram como objetivo caracterizar o campo magnético produzido por corrente elétrica em uma bobina, aspecto que precede a Indução Eletromagnética, e auxiliar no seu entendimento.

Os objetivos específicos das aulas foram verificar a relação do campo magnético do solenoide com suas fontes de alimentação (AC ou DC); observar a aparência das linhas de campo formadas pelo solenoide; caracterizar o vetor indução magnética no interior de um solenoide percorrido por corrente elétrica (direção; sentido); analisar a relação que existe entre a intensidade do campo magnético do solenoide e a quantidade de suas espiras; compreender as relações que envolvem as grandezas da aplicação da Lei de Ampère para a medida da intensidade do vetor indução magnética em um solenoide.

Nestas aulas, foram trabalhadas quatro questões envolvendo atividades computacionais (questões *a*, *b*, *c* e *d*) de simulação e duas (questões *a* e *b*) envolvendo as atividades experimentais. No decorrer das atividades, sob a perspectiva do professor da turma, reuniu-se um conjunto de indícios que possivelmente levam a conclusão de que trabalhar dessa forma tenha favorecido

aos alunos concluírem que um solenoide percorrido por corrente elétrica adquire as mesmas características de um ímã.

Notou-se, no entanto, que dois alunos dos grupos continuam com dificuldade em descrever o sentido ou a direção do vetor campo magnético e relacioná-los com o sentido da corrente no solenoide. A Figura 22 apresenta as respostas do grupo G13 (formado pelos alunos A5, A22 e A23) e do grupo G15 (formado pelos alunos A7, A8 e A26) em relação à *Questão a*, referente à simulação.

Figura 22 – Resposta dos grupos G13 e G15, respectivamente, atribuídas à Questão a, referente à simulação envolvendo solenoide.

a) Qual o comportamento do campo magnético do solenoide percorrido por corrente elétrica sob a influência de diferentes fontes de alimentação (AC ou DC)? **Marque tais opções no campo "Current Source" e descreva suas observações.** (A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação).

Resposta grupo G13

Previsão:

Quando o solenoide é submetido à DC, as linhas de campo terão sentido único, e quando é submetido à AC o sentido alternará; hora estará para a direita e hora estará para a esquerda.

Explicação após observações feitas no software:

Após a execução do experimento, foi comprovada a previsão, quando o solenoide é submetido à DC o sentido será único e quando é submetido à AC o sentido alterna conforme o sentido da corrente.

Resposta grupo G15

Previsão:

O comportamento do campo magnético do solenoide pela corrente elétrica vai ~~ser~~ ~~ter~~ ter um sentido na corrente contínua, e na alternada a corrente tem vários sentidos.

Explicação após observações feitas no software:

Após a observação percebemos de forma mais ampla a diferença das duas correntes.

na corrente alternada (AC) ficam mudando a direção aleatoriamente e a corrente contínua (DC) a direção não altera e uma direção apenas.

Fonte: O autor, 2016.

Observando-se as respostas dos alunos, percebe-se que o grupo G13 prevê e responde corretamente e constata ainda detectar melhor visualização depois de realizar a simulação. Esse grupo representa muitos alunos que, para a mesma

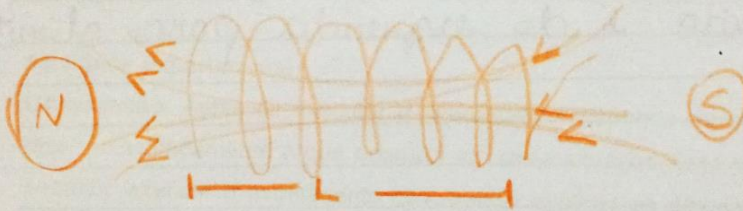
questão, apresentaram uma solução que converge com uma teoria cientificamente aceita. O grupo G15, que corresponde a uma minoria dos alunos que erraram a questão em certos aspectos, acertou apenas parcialmente. Como já foi visto anteriormente, os autores Young e Freedman (2013) deixam bem claro que, ao se inverter o sentido da corrente em um circuito, o sentido do vetor campo magnético também se inverte. Assim, o sentido do vetor campo magnético está relacionado com o sentido da corrente. Sempre que um mudar, o outro também muda.

Em se tratando do método POE, nota-se que o grupo G13 faz a previsão e responde depois das observações feitas no *software* de forma adequada. Mostra que houve compreensão durante a discussão teórica e depois confirmou com a prática. O grupo G15 não prevê com a mesma propriedade quando usa o termo “*vários sentidos*” e quando fala em “*muda a direção aleatoriamente*”, depois das observações feitas na simulação. A Figura 23 apresenta as respostas dos grupos G16 (formado pelos alunos A9, A10, A11) e G18 (formado pelos alunos A15, A16 e A17) em relação à *Questão b*.

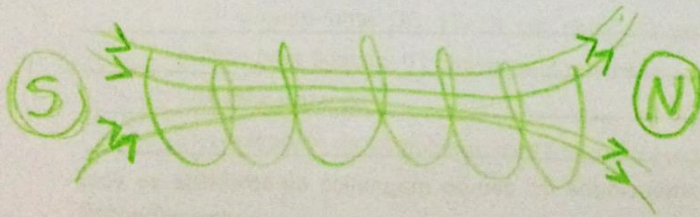
Figura 23 – Resposta dos grupos G16 e G18, respectivamente, atribuídas à *Questão b*, referente à simulação envolvendo solenoide.

b) Observe o aspecto do solenoide percorrido por corrente elétrica representado no software "Faraday's Electromagnetic Lab". Como seria o aspecto das linhas de campo produzidas por ele? Represente com um desenho. **Em seguida marque a opção "Show Field" no campo "Electromagnet" e faça uma nova representação.**

Desenho previsto: **Resposta grupo G16**

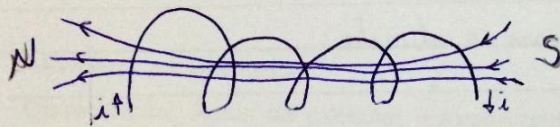


Desenho após observações feitas no software:

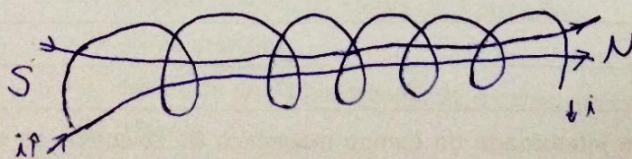


Resposta grupo G18

Desenho previsto:



Desenho após observações feitas no software:

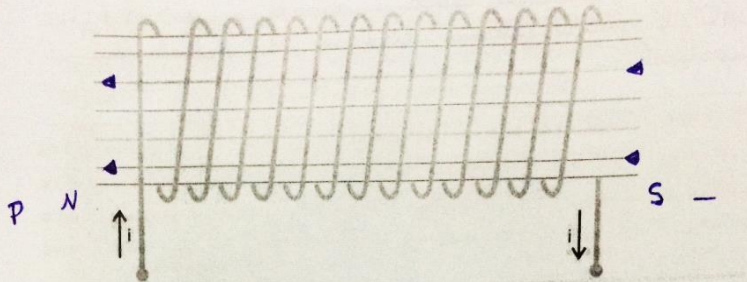


Ao analisarem-se as escritas dos alunos dos grupos G16 e G18, nota-se que, tanto um quanto o outro se confunde em relação à previsão. Mesmo vendo o circuito montado, e sendo evidente a polaridade da pilha, eles não conseguiram, após a aula teórica, apresentar uma solução que pudesse convergir com uma teoria cientificamente aceita e relacionar o sentido das linhas de campo magnético com o sentido da corrente. No entanto, após acionar a animação, os dois grupos perceberam seu equívoco. Vendo a representação do movimento dos elétrons, deduziram que o sentido da corrente elétrica é contrário ao movimento deles e, assim, utilizando a regra da mão direita, já demonstrada anteriormente nas afirmações de Machado (2004), conseguiram determinar o sentido das linhas de campo magnético. Depois disso, verificaram a polaridade do solenoide (circuito fechado) utilizando uma bússola virtual e constaram que tinham procedido corretamente.

Houve muitas dúvidas e discussão quando os grupos resolveram essa questão. Muitos alunos se pronunciaram afirmando que a simulação foi fundamental para resolver a questão e construir o desenho de forma correta, pois só depois de realizá-la puderam entender melhor o sentido da corrente e o sentido das linhas de campo. É importante frisar que os alunos do grupo G18 afirmaram que o i , usado em seus desenhos, representa o sentido de movimentação dos elétrons. A Figura 24 apresenta as respostas dos grupos G13 (formado pelos alunos A5, A22, A23) e G19 (formado pelos alunos A18, A19, A27 e A28) em relação à *Questão c*.

Figura 24 – Resposta dos grupos G13 e G19, respectivamente, atribuídas à Questão c, referente à simulação envolvendo solenoide.

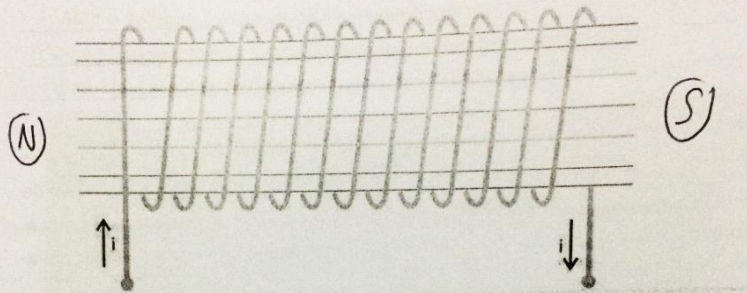
c) Qual a direção e o sentido (use a regra da mão direita) do vetor indução magnética no interior do solenoide percorrido por corrente elétrica representado na figura abaixo? Após fazer suas considerações, vá ao software "Faraday's Electromagnetic Lab" marque as opções: "Show Electrons", "Show Field" e "Show Compass", observe o que aconteceu e responda a pergunta acima novamente. (Lembre-se que elétrons não são bolinhas e também não se movimentam tão rapidamente como mostra a simulação). Resposta grupo G13



Previsão:
As linhas estão na direção horizontal e a mesma direção do eixo geométrico do solenoide e o sentido é para a esquerda.

Explicação após observações feitas no software:
Após realizar o experimento no PhET percebe-se que as linhas estão na direção horizontal e a mesma direção do eixo geométrico do solenoide e o sentido é para a esquerda.

Resposta grupo G19

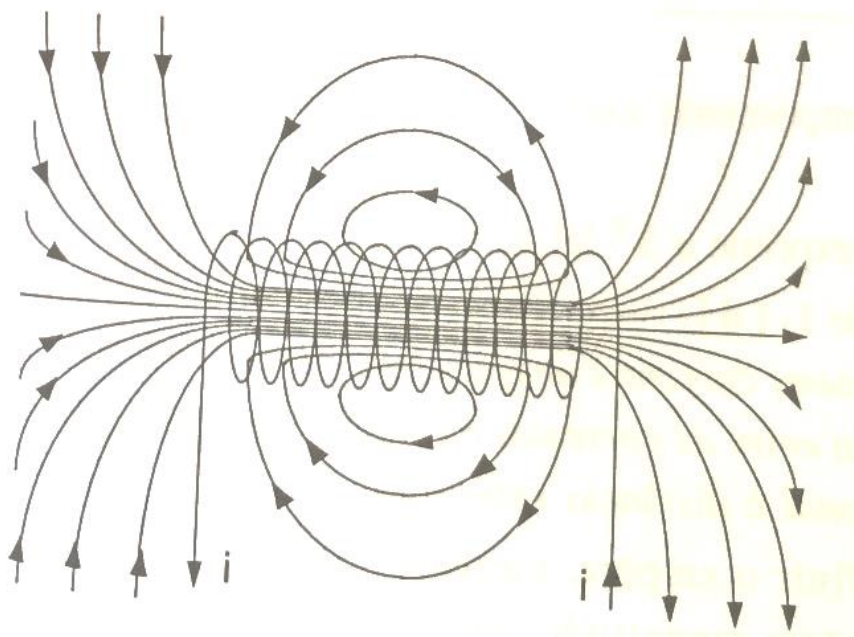


Previsão:
Campo magnético sentido norte entrando pelo sul.

Explicação após observações feitas no software:
Campo magnético sentido norte entrando pelo sul.

Ao se analisarem as escritas e os desenhos dos alunos do grupo G13 e G19, percebe-se que estão de acordo com as afirmações de Nussenzveig (1997, p. 155), quando ele afirma que “o campo magnético fica confinado dentro do solenoide, onde é uniforme e tem direção axial, e sentido positivo em relação às espiras orientadas”, conforme a Figura 25.

Figura 25 – Solenoide.



Fonte: Nussenzveig (1997, p. 155).

Quando o autor fala “direção axial”, corresponde ao “eixo geométrico” citado pelos alunos do grupo G13 e à “direção horizontal passando por dentro do solenoide”, representada com os polos N e S, mostrados pelos alunos do grupo G19. Quando Nussenzveig diz “sentido positivo” em relação à sua figura, ele se refere ao sentido da esquerda para a direita, assim como no plano cartesiano. É importante considerar que a corrente está entrando do lado direito e saindo no esquerdo contrário ao da figura da questão. Essa afirmação condiz com as afirmações dos alunos dos grupos G13 e G19 para a figura considerada na questão, sentido “para a esquerda” e “sentido norte entrando pelo sul”.

No decorrer da atividade, o aluno A22 fez a seguinte afirmação: “*Professor, estou aprendendo muito, nunca fui muito interessado em Física porque acho muito difícil, mas acho muito divertido trabalhar com o computador*”. O aluno A5, ouvindo

seu colega, acrescentou: “*fora que podemos usar essas simulações em qualquer lugar com internet e tirar mais dúvidas*”. As afirmações dos alunos são corroboradas por Valente (2008, p.64), ao defender o uso de tecnologia nas aulas:

O uso do computador possibilita a interação e participação do aluno por sua condição chamativa, além do que a internet é um veículo de comunicação e interação, recheada de informações, de possibilidades e que, se utilizada corretamente, pode ser uma fonte vasta de conteúdos que servirão de base para abrilhantar as discussões em sala de aula.

A Figura 26 apresenta as respostas dos grupos G11 (formado pelos alunos A1, A2, A3, A29) e G14 (formado pelos alunos A6, A24 e A25) em relação à *Questão d*.

Figura 26 – Resposta dos grupos G11 e G14, respectivamente, atribuídas à *Questão d*, referente à simulação envolvendo solenoide.

d) O que acontece com a intensidade do campo magnético do solenoide se você variar a quantidade de suas espiras? Qual a diferença da intensidade do campo magnético no interior e na parte externa do solenoide? Após fazer suas considerações vá ao software “*Faraday’s Electromagnetic Lab*”, varie o número no campo “*Loops*”, explore também o medidor de intensidade marcando a opção “*Show Field Meter*” e responda a pergunta acima novamente.

Previsão: **Resposta grupo G11**

A intensidade aumentará se aumentos o número de espiras e diminuirá a intensidade se

Reduzir o número de espiras. Externamente o campo é praticamente nulo, e no interior do solenoide é bastante intenso e também varia a intensidade fora de acordo c/ a quantidade de

Explicação após observações feitas no software: espiras.

Está de acordo com a previsão a cima

Resposta grupo G14

Previsão:

A intensidade do campo vai ser diretamente proporcional ao número de espiras. Quanto

mais espiras maior a intensidade, quanto menos espiras menor a intensidade. O campo magnético externo será praticamente nulo, e o campo interno praticamente uniforme.

Explicação após observações feitas no software:

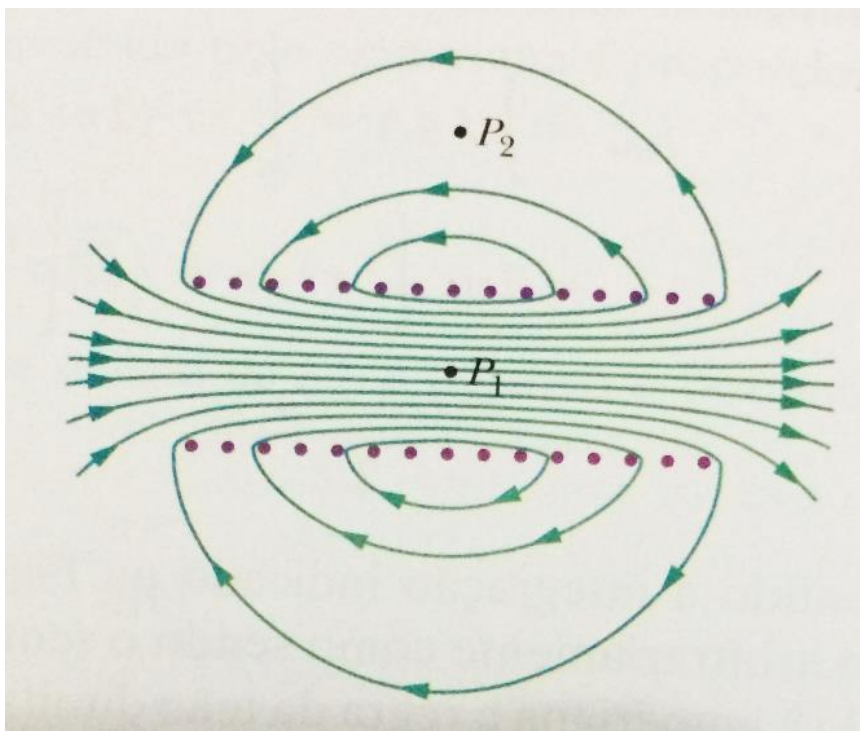
Tudo de acordo com as previsões.

Fonte: O autor, 2016.

Analisando as respostas dos alunos dos grupos G11 e G14, percebe-se que ambos apresentaram uma solução que converge com uma teoria cientificamente aceita, fazem as devidas previsões e as confirmam com o uso da simulação. Nota-se que suas repostas estão de acordo com as afirmações de Walker, Halliday e

Resnick (2010, p. 246), no que se refere à intensidade do campo magnético no interior e na parte de fora do solenoide: “o campo é intenso e uniforme em pontos do interior do solenoide, como P_1 , e muito mais fraco em pontos do lado de fora do solenoide, como P_2 ”, conforme a Figura 27, que também mostra as linhas de campo magnético em um solenoide real.

Figura 27 - Linhas de campo magnético em um solenoide real.



Fonte: Walker, Halliday e Resnick (2010, p. 246).

As respostas dos alunos dos grupos G11 e G14, que se referem à intensidade do campo magnético do solenoide e sua relação com a quantidade de espirras, também estão de acordo com as ideias do autor Young e Freedman (2013), que dizem ser diretamente proporcional a intensidade do campo magnético do solenoide ao número N de suas espirras. Dessa forma, quando mais espirras tiver um solenoide, mais intenso é o campo magnético produzido por ele.

Durante a execução das atividades nas aulas do Assunto 2, o aluno A25, do grupo G14, fez a seguinte afirmação: “*professor, seria interessante fazer uma experiência na realidade, onde a gente pudesse aumentar e diminuir o número de espirras de verdade e ter alguma coisa pra medir a intensidade do campo*”

magnético”. Acredita-se que esta afirmação seja um indício de que é viável integrar as atividades computacionais (AC) e as atividades experimentais (AE), pois muitos detalhes que não são percebidos durante a simulação podem ser esclarecidos durante a experimentação real, e vice-versa. O autor Heidemann (2011, p. 16-17) fala positivamente a respeito da integração entre as AE e AC:

[...] um uso integrado de ambos os tipos de atividades pode ser utilizado com o intuito de evidenciar as importantes diferenças obtidas entre teoria e experiência; a análise dos erros experimentais e das diferenças obtidas entre os experimentos reais e virtuais tem o potencial de destacar que os modelos teóricos não são cópias especulares da realidade, mas sim representações esquemáticas, com o objetivo de tentar apreender o real, ou suposto como tal pelo pensamento.

Continua-se a análise das próximas duas questões que se referem às atividades experimentais das aulas do Assunto 2. A Figura 28 apresenta as repostas dos grupos G11 (formado pelos alunos A1, A2, A3 e A29) e G13 (formado pelos alunos A5, A22 e A23) em relação à *Questão a*.

Figura 28 – Resposta dos grupos G11 e G13, respectivamente, atribuídas à *Questão a*, referente ao experimento real envolvendo solenoide.

a) Qual o sentido do campo magnético formado no interior do solenoide?

Previsão: Resposta grupo G11

O sentido é do positivo ao negativo

Explicação após observações feitas no experimento:

Está de acordo com a previsão, no polo positivo forma um polo magnético denominado sul e no polo negativo forma um polo magnético denominado norte, formando um ímã.

Resposta grupo G13

Previsão:

Sentido do campo é para a esquerda

Explicação após observações feitas no experimento:

Confere com o sentido escolhido, pois a agulha da bússola aponta para o negativo (Sul) escolhido

Fonte: O autor, 2016.

As respostas dos alunos dos grupos G11 e G13 estão de acordo com as respostas discutidas na *Questão c*, deste mesmo assunto, referente à simulação computacional. Suas afirmações já foram corroboradas pelas ideias de Nussenzweig (1997), no que diz respeito ao sentido do campo magnético em relação às espiras orientadas do solenoide.

Nesta atividade, o aluno A23, do grupo G13, percebeu um fato interessante, afirmando o seguinte: "professor, na atividade da simulação tive um pouco de dificuldade para aplicar a regra da mão direita, mas aqui, com o solenoide ao vivo, posso pegar no solenoide e entender melhor o sentido da corrente e do campo magnético; na simulação é bom porque não tenho medo de quebrar nada e nem de levar choque, mas aqui no experimento acho melhor porque eu mesmo faço e vejo como funciona". Os autores Young e Freedman (2013, p. 254) explicam como obter

o sentido do campo magnético em uma espira (obtido da mesma forma para o solenoide “conjunto de espiras”) fazendo uso da regra da mão direita:

O sentido do campo magnético sobre o eixo de uma espira que transporta corrente é dado pela regra da mão direita. Se você fechar os dedos da sua mão direita em torno da espira e no sentido da corrente, seu polegar direito apontará no sentido do campo.

A Figura 29 apresenta as repostas dos grupos G11 (formado pelos alunos A1, A2, A3 e A29) e G13 (formado pelos alunos A5, A22 e A23) em relação à *Questão b*.

Figura 29 – Resposta dos grupos G11 e G13, respectivamente, atribuídas à *Questão b*, referente ao experimento real envolvendo solenoide.

b) Desligue a fonte de tensão DC, inverta o sentido da corrente, ligue a fonte de tensão DC e observe o comportamento da bússola. O que aconteceu? Justifique.

Previsão: **Resposta grupo G11**

Aí ter inversão no sentido da agulha da bússola.

Explicação após observações feitas no experimento:

Está de acordo com a previsão a cima.

Resposta grupo G13

b) Desligue a fonte de tensão DC, inverta o sentido da corrente, ligue a fonte de tensão DC e observe o comportamento da bússola. O que aconteceu? Justifique.

Previsão:

O sentido da corrente será invertido assim como o ponteiro da bússola apontará pro sentido oposto do que girou para a verificação anterior invertendo os polos

Explicação após observações feitas no experimento:

Com a inversão do sentido da corrente também se invertido os polos magnéticos formados no solenoide

Ao analisarem-se as respostas dos alunos do grupo G11, percebe-se que eles apresentaram uma solução que converge com uma teoria cientificamente aceita, mas não as justificaram. Os alunos do grupo G13 fazem uma boa previsão e justificam sua resposta com mais propriedade depois do experimento real. Como já foi visto em algumas questões anteriores, segundo Walker, Halliday e Resnick (2010) o sentido do campo magnético envolvido em um condutor está intimamente relacionado com o sentido da corrente elétrica que o atravessa. Desse modo, se se inverter o sentido da corrente, o sentido do campo magnético no interior do solenoide também será invertido e, portanto, sua polaridade.

Durante as aulas do Assunto 2, o aluno A1, do grupo G11, fez um comentário para seus colegas: *“gosto muito de fazer experimentos, parece que assim aprendo mais, não tenho preguiça de explorar o assunto, fazer a atividade, mexer nos equipamentos, perguntar as coisas”*. Segundo Moreira (2006), o fato de o aluno estar disposto a aprender é importante para o desenvolvimento de sua aprendizagem. Assim, nota-se, pelo comentário do aluno, que realizar atividades dessa natureza lhe parece mais agradável e motivador, contribuindo, assim, em sua disposição em aprender os conceitos físicos.

Assunto 3 – Indução Eletromagnética (Apêndice F)

Esse assunto foi trabalhado três vezes: uma vez no dia 26 de fevereiro de 2016, na turma de Eletrotécnica; outra no dia 7 de março de 2016, nas turmas de Eventos e Agronegócios, juntas; e nos últimos horários da tarde do mesmo dia na turma de Informática. As aulas tiveram como objetivo investigar as principais características do conceito de Indução Eletromagnética.

Os objetivos específicos das aulas foram perceber que pode-se encontrar força eletromotriz (*fem*) induzida numa espira apenas quando varia o número de linhas de indução que atravessa sua superfície; compreender a definição de fluxo magnético; compreender o fenômeno da indução eletromagnética; verificar as diferentes maneiras de se variar o fluxo magnético; determinar o sentido da corrente induzida (Enunciar a Lei de Lenz).

Nestas aulas, foram trabalhadas cinco questões envolvendo atividades computacionais (simulação 1: questões *a*, *b* e *c*) / (simulação 2: *a* e *b*) e cinco (questões *a*, *b*, *d*, *e* e *f*) envolvendo as atividades experimentais. No decorrer das atividades, percebeu-se que os grupos tiveram a noção do conceito de indução eletromagnética, ou seja, a de que um campo magnético variável cria uma corrente induzida em um condutor.

Entretanto, no decorrer das atividades, verificou-se que quatro alunos dos grupos tiveram dificuldade para determinar o sentido da corrente induzida. A Figura 30 apresenta as respostas dos grupos G24 (formado pelos alunos A7, A8 e A9) em relação à *Questão a*.

Figura 30 – Resposta do grupo G24, respectivamente, atribuídas à *Questão a*, referente à simulação 1, envolvendo indução eletromagnética.

a) Qual a relação da fem induzida numa espira e o número de linhas de indução que atravessam sua superfície? Explique. Vá ao **software Faraday's Law**, marque a opção "**2 Coils**", movimente o ímã no interior dos dois conjuntos de espiras e responda a pergunta acima novamente. (A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação).

Previsão:

Quanto maior o número de linhas de indução, menor será a força eletromotriz induzida.

Explicação após observações feitas no *software*:

Quanto menor o número de espiras menor a fem.
Quanto maior o número de espiras maior a fem.
diretamente proporcional.

Fonte: O autor, 2016.

Ao se analisar as respostas dos alunos do grupo G24, nota-se que elas estão de acordo com as afirmações de Young e Freedman (2013, p. 285), em se tratando de variação de campo magnético e *fem* induzida:

No caso de uma bobina com N espiras idênticas, supondo que o fluxo magnético varie com a mesma taxa através de todas as espiras, a taxa de variação total através de todas as espiras é N vezes maior que a taxa de uma única espira. [...] A lei de Faraday relaciona a fem induzida à taxa de variação do fluxo magnético (quantidade de linhas de campo por área).

Durante a realização da atividade, o aluno A8, do grupo G24, fez a seguinte afirmação: “*professor, estou gostando de fazer essas atividades no computador. Quero fazer outras depois, quando estiver em casa. Depois o senhor me passa o programa que faz as simulações*”. De acordo com o relato do aluno, percebe-se que esse tipo de atividade, envolvendo tecnologias da computação, pode ser mais atraente e estimulante para os alunos do que as aulas simples tradicionais utilizando apenas quadro branco e pincel. O autor Valente (2008, p. 3) escreve positivamente a respeito do assunto:

As inovações tecnológicas, inseridas no contexto educacional, não somente visando o aluno, mas também o professor que poderá se atualizar através de inovações e outras ideias que poderão aparecer no decorrer do tempo, ele terá novas expectativas: como incentivar a pesquisa em rede, buscar interações com intercâmbio com outras matérias (multidisciplinaridade), especulando a curiosidade dos alunos e a interação com os colegas criará uma dinâmica que sairá do enfatizado modelo arcaico de pedagogia retórica, mas os alunos uma vez incentivados poderão prosseguir no assunto em suas casas.

A Figura 31 apresenta as respostas dos grupos G21 (formado pelos alunos A4 e A28) em relação à *Questão b*.

Figura 31 – Resposta do grupo G21, respectivamente, atribuídas à *Questão b*, referente à simulação 1, envolvendo indução eletromagnética.

b) Qual a diferença em se movimentar um ímã próximo à parte externa do conjunto de espiras e depois em seu interior? Vá ao **software Faraday's Law**, marque as opção **"1 Coils"** e **"Show field lines"**, movimente o ímã próximo à parte externa ao conjunto de espiras, depois em seu interior e então responda a pergunta acima novamente.

Previsão:

Do passar o ímã (próximo) no interior da espira haverá a força eletromotriz, se passado na parte externa da espira, não haverá corrente e nem força eletromotriz.

Explicação após observações feitas no software:

Após observar, pode perceber que ao maximizar um ímã próximo a parte externa do conjunto de espiras haverá corrente, só que de baixa intensidade. Mas se maximizar o ímã no interior do conjunto de espiras, a corrente que foi produzida foi de maior intensidade.

Fonte: O autor, 2016.

Ao se observar a escrita dos alunos do grupo G21, percebe-se que há um pequeno equívoco na resposta dada na previsão em relação ao movimento do ímã do lado de fora, próximo à bobina. No entanto, esse equívoco é corrigido após as suas observações realizadas na simulação. A resposta final deles condiz com as ideias de Walker, Halliday e Resnick (2010, p. 265):

Faraday descobriu que uma força eletromotriz e uma corrente podem ser induzidas em uma espira, fazendo variar a quantidade de campo magnético que atravessa a espira. Percebeu ainda que a "quantidade de campo magnético" pode ser visualizada em termos das linhas de campo magnético que atravessam a espira.

Dessa forma, segundo o autor, interpreta-se que, movimentar o ímã, tanto na parte de fora quanto na parte de dentro das espiras, fará com que varie mais (movimento interno) ou menos (movimento externo) o número de linhas de campo magnético dentro da bobina. Isso faz com que seja produzido, tanto em um caso como no outro, uma corrente induzida, no entanto com baixa intensidade para o

segundo caso em que o ímã se encontra do lado de fora nas proximidades do conjunto de espiras.

No decorrer das atividades, o aluno A28, do grupo G21, faz a seguinte afirmação: *“professor, é bom trabalhar com as simulações no computador com eletricidade porque não é perigoso”*. Essa afirmação está de acordo com a escrita de Hofstein & Lunetta (2003), em que eles consideram as atividades computacionais importantes quando se pretende reproduzir uma aula em que seja preciso mais segurança para sua realização ou também em situações nas quais se torna inviável a reprodução física do fenômeno devido a experimentos com um alto valor de seus equipamentos.

A Figura 32 apresenta as respostas dos grupos G20 (formado pelos alunos A1, A2, A3) e G22 (formado pelos alunos A5 e A29) em relação à *Questão c*.

Figura 32 – Resposta dos grupos G20 e G22, respectivamente, atribuídas à Questão c, referente à simulação 1, envolvendo indução eletromagnética.

c) O que você entende por indução eletromagnética? Explique. Vá ao *software Faraday's Law*, marque as opção "1 Coils" e "Show field lines", movimente o ímã no interior do conjunto de espiras e então responda a pergunta acima novamente considerando o brilho da lâmpada e o movimento do ponteiro do voltímetro.

Resposta grupo G20

Previsão:

A indução eletromagnética é você induzir através de ímã de campo magnético, correntes elétricas em espiras.

Explicação após observações feitas no *software*:

Está de acordo com a previsão

Resposta grupo G22

Previsão:

a indução eletromagnética é um fenômeno que cria a força eletromotriz, quanto mais perpendicular a espira estiver maior o fluxo magnético

Explicação após observações feitas no *software*:

podemos analisar que quanto mais espiras linhas de indução (campo magnético) variável ao ser colocado dentro da espira a luminosidade aumenta, ao ser retirado bruscamente sua luminosidade aumenta.

Fonte: O autor, 2016.

Ao se analisarem as respostas dos alunos dos grupos G20 e G22, nota-se que elas condizem com as afirmações de Walker, Halliday e Resnick (2010). Quanto à indução eletromagnética, os autores dizem que uma força eletromotriz é induzida em uma espira quando o número de linhas de campo magnético que atravessa a espira varia. O aumento de luminosidade (representada no simulador) a que os

alunos do grupo G22 se referem na simulação 1 quer dizer aumento de *fem* induzida devido ao aumento de variação de fluxo magnético na bobina.

Os alunos do grupo G22, em sua previsão, fazem uma observação importante quando escrevem o termo “*perpendicular*”, referindo-se à disposição da espira no espaço e sua relação com as linhas de campo magnético, o que se chama de fluxo magnético. Ao fazerem essa afirmação, os alunos mostram ter percebido que, ao movimentar-se a espira dentro de um campo magnético, tanto maior será a *fem* induzida quanto mais se aproximar de 90° a relação de seu plano horizontal com as linhas de campo, ou seja, o surgimento da *fem* induzida também depende dessa disposição da espira no espaço. A esse respeito, Young e Freedman (2013, p. 281) afirmam que:

Quando giramos a bobina alguns graus em torno de um eixo horizontal, o galvanômetro indica uma corrente durante a rotação, no mesmo sentido da corrente indicada durante a diminuição da área. Quando giramos a bobina de volta para a posição original, surge uma corrente induzida em sentido contrário ao da rotação anterior.

A Figura 33 apresenta as respostas dos grupos G24 (formado pelos alunos A4 e A28) em relação à *Questão a*.

Figura 33 – Resposta do grupo G24 atribuída à *Questão a*, referente à simulação 2, envolvendo indução eletromagnética.

a) Quais são as diferentes maneiras de se variar o fluxo magnético em uma bobina chata? Justifique. Agora explore essas variações utilizando o *Software Faraday's Electromagnetic Lab* na guia *Generator* alterando o nível de queda d'água da torneira e modificando as opções dos campos "Bar Magnet" e "Pickup Coil", em seguida responda a pergunta acima novamente. (Lembre-se

que elétrons não são bolinhas e também não se movimentam tão rapidamente como mostra a simulação. A simulação contribui para que você identifique o sentido da corrente e visualize melhor a ideia de corrente alternada).

Previsão:

Quanto maior a bobina maior é o
fluxo magnético.
E as linhas de indução também
influenciam na intensidade da luz
e no fluxo magnético.

Explicação após observações feitas no *software*:

Está de acordo

Fonte: O autor, 2016.

Ao se observar a resposta dos alunos do grupo G24, diz-se que ela condiz com as afirmações do autor Tipler (2000, p. 247), exceto por não mencionarem o aumento ou diminuição da corrente que produz o campo e não comentarem sobre a orientação do circuito no espaço, em se tratando dos modos de se variar o fluxo magnético em uma bobina, espira ou circuito:

Existem várias formas diferentes de fazer variar o fluxo magnético que atravessa um circuito. A corrente que produz o campo pode aumentar ou diminuir, um ímã pode ser aproximado ou afastado do circuito, o circuito pode ser aproximado ou afastado do ímã, a orientação do circuito no espaço pode mudar, a área do circuito pode aumentar ou diminuir. Em todos esses casos, uma tensão é induzida no circuito e seu valor é igual em módulo à taxa de variação do fluxo magnético.

Na escrita dos alunos, também se percebe a relação de proporcionalidade feita por eles, ao afirmarem que "quanto maior a bobina maior o fluxo magnético", ou seja, além das relações trabalhadas em Física, outras relações envolvendo

Matemática podem ser trabalhadas também para contribuir na interação dos alunos, do professor e da tecnologia. A respeito deste assunto, Scheffer (2001, p. 120) afirma que:

Quando a informática passa a integrar o ambiente escolar, num processo de interação que envolve o aluno, professor e tecnologias, passa a despertar a sensibilidade dos professores quanto à existência de diferentes opções de representação matemática, o que é fundamental para a ocorrência de construções, análises e estabelecimento de relações.

A Figura 34 apresenta as respostas dos grupos G21 (formado pelos alunos A4 e A28) em relação à *Questão b*.

Figura 34 – Resposta do grupo G21 atribuída à *Questão b*, referente à simulação 2, envolvendo indução eletromagnética.

b) Considere como circuito induzido uma espira ligada a um amperímetro de zero central. Quais os polos que surgem na face da espira quando se aproxima e depois quando se afasta o polo norte de um ímã de modo perpendicular a ela? Qual é o sentido da corrente induzida na espira em relação a um observador posto atrás do polo sul do ímã? Agora explore o *Software Faraday's Electromagnetic Lab* na guia *Generator* marcando a opção "*Show Field*" no campo "*Bar Magnet*", alterando o nível de queda d'água da torneira e observando o movimento do ímã dos "*Elétrons*" nas espiras. Em seguida explore o *software "Faraday"* marcando as opções "*Mostra campo do ímã*" e "*Mostra campo induzido*", movimente o ímã próximo das espiras e finalmente responda as perguntas acima novamente. (A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação).

Previsão:

✓ Ao aproximar, surge o polo norte, ao afastar surge o polo sul. A corrente estará no sentido anti-horário

Explicação após observações feitas no *software*:

✓ aconteceu como o previsto

Percebe-se que os alunos do grupo G21 apresentaram uma solução para questão na previsão que converge com uma teoria cientificamente aceita e confirmam sua resposta após realizarem a simulação no *software*. As respostas condizem com as afirmações de Walker, Halliday e Resnick (2010, p. 267-268) no que se refere à lei de Lenz:

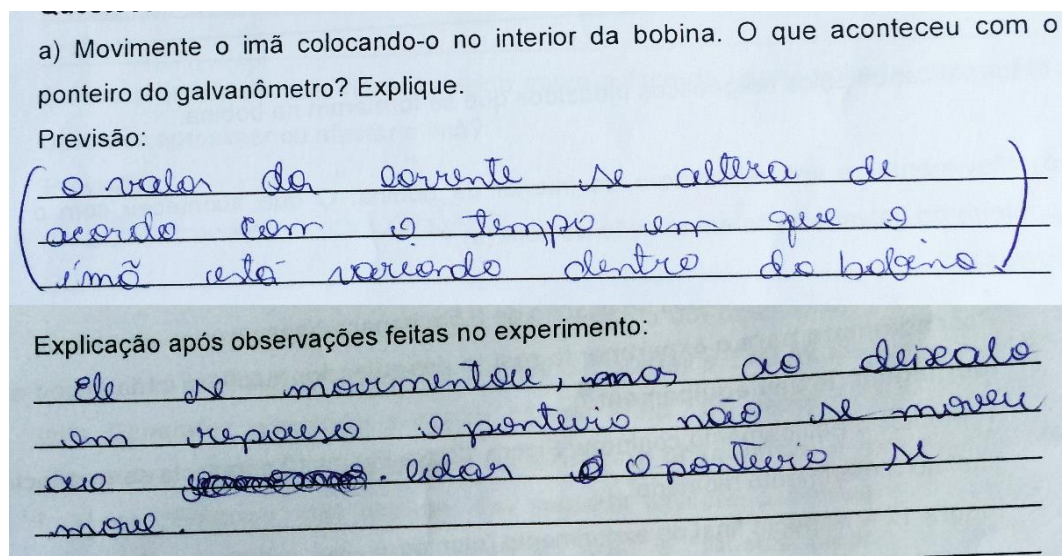
A aproximação do polo norte do ímã aumenta o fluxo magnético que atravessa a espira e, portanto, induz uma corrente na espira. [...] a espira passa a se comportar como um dipolo magnético com um polo sul e um polo norte; o momento magnético μ associado a este dipolo aponta do polo sul para o polo norte. Para se opor ao aumento de fluxo causado pela aproximação do ímã o polo norte da espira deve estar voltado na direção do polo norte do ímã, de modo a repeli-lo. Nesse caso, de acordo com a regra da mão direita a corrente induzida na espira tem o sentido anti-horário quando vista do lado do ímã.

Assim, segundo a regra da mão direita, a corrente induzida na espira tem o sentido anti-horário quando vista do lado do ímã na Figura 48, que condiz com a visão de um observador posto atrás do polo sul do ímã em questão.

Durante a execução das atividades computacionais, o aluno A28, do grupo G21, afirmou: “*professor, estamos entendendo melhor o assunto. Nas simulações conseguimos ver em movimento, os ímãs em movimento e suas linhas de campo, e vemos também os efeitos dele nas espiras*”. Dessa forma, afirma-se que as atividades computacionais são uma ferramenta que pode contribuir na motivação dos alunos em aprender os conceitos físicos, em particular no entendimento da indução eletromagnética. Os autores Ronen e Eliahu (2000) compartilham dessa mesma ideia quando afirmam que as simulações de computador são consideradas como uma ferramenta capaz de criar uma conexão entre modelos teóricos, representações formais e realidade, auxiliando, assim, na compreensão dos estudantes.

Segue-se a análise das próximas cinco questões que se referem às atividades experimentais. É importante que se esclareça que todas as questões do experimento estão relacionadas. A Figura 35 apresenta as respostas dos grupos G22 (formado pelos alunos A5 e A29) em relação à *Questão a*.

Figura 35 – Resposta do grupo G22 atribuída à *Questão a*, referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética.

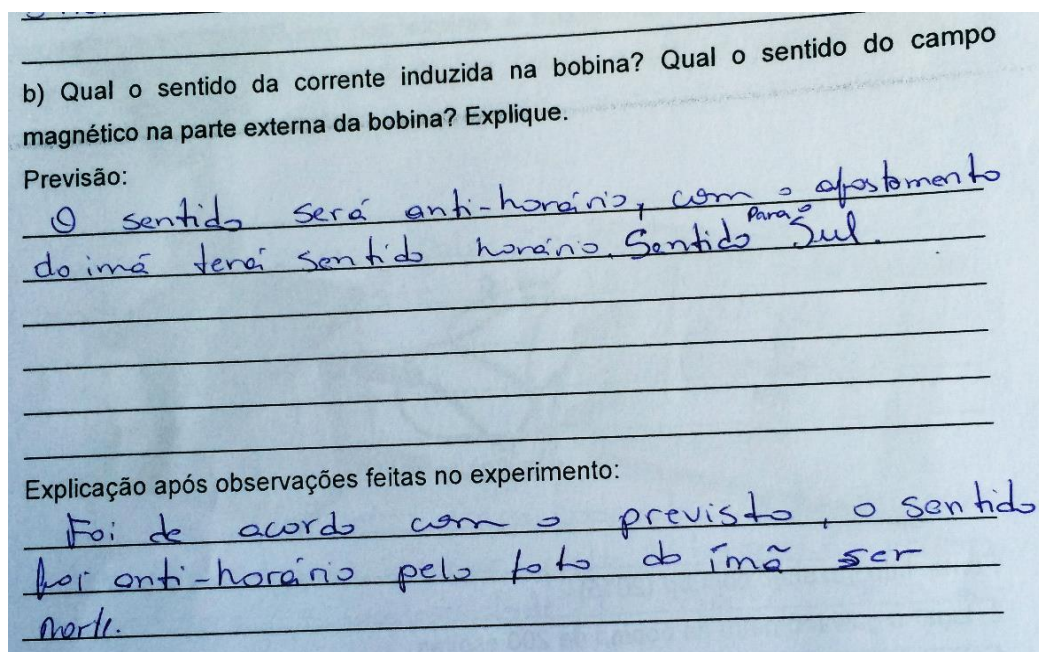


Fonte: O autor, 2016.

Ao se analisarem as respostas dos alunos do grupo G22, nota-se que eles apresentaram uma solução que converge com uma teoria cientificamente aceita, pois há semelhança com a resposta dos alunos do grupo G21, realizadas após suas observações na simulação. Essas respostas já foram justificadas pelos autores Walker, Halliday e Resnick (2010) na *questão b*, referente à simulação 1, envolvendo indução eletromagnética.

No decorrer das atividades de simulação, o aluno A5, do grupo G22, afirmou o seguinte: “*professor, quando a gente faz a atividade na simulação, os conceitos ainda continuam abstratos. É bom pra observar e melhorar também o que vimos na aula teórica. Mas no experimento real podemos aplicar o que aprendemos e ver acontecendo na nossa frente. É muito empolgante*”. Assim, de acordo com a escrita do aluno, afirma-se que as atividades computacionais e as atividades experimentais potencializam as capacidades de compreensão dos estudantes. Os autores Zacharia e Anderson (2003) acreditam que utilizar simulações e experimentos reais de modo integrado nas aulas permite que os estudantes desenvolvam mais habilidades para prever e dar explicações cientificamente para os fenômenos explorados nos experimentos. A Figura 36 apresenta as respostas do grupo G23 (formado pelos alunos A6 e A30) em relação à *Questão b*.

Figura 36 – Resposta do grupo G23 atribuída à *Questão b*, referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética.



Fonte: O autor, 2016.

Observando-se as respostas dos alunos do grupo G23, considerando que eles identificaram previamente o polo do ímã (polo norte inserido na bobina) usando uma bússola, afirma-se que estão corretas para as condições em que foi realizado o experimento. Suas respostas estão de acordo com as respostas dos alunos do grupo G21, atribuídas à *questão b*, referente à simulação 2, envolvendo indução eletromagnética. Ambas as afirmações dos grupos são justificadas pelas ideias de Walker, Halliday e Resnick (2010), no que se trata da Lei de Lenz, ou seja, quando se aproxima o polo norte do ímã na espira surge, de modo a repeli-lo, outro polo norte na face da espira. Nesse caso, de acordo com a regra da mão direita, a corrente induzida na espira tem o sentido anti-horário e o sentido do campo magnético é para o sul, saindo do polo norte de acordo com suas linhas de campo.

Durante a execução das atividades, o aluno A3, do grupo G23, fez a seguinte afirmação: “*professor, estou gostando dessas atividades. Eu me sinto bem envolvido com o assunto, sinto vontade de investigar mais, aprender mais. Coisa que não entendo bem na simulação, consigo entender melhor no experimento real, e vice-versa. É diferente das aulas só do quadro*”. Diante do que afirma o aluno A3, pode-se corroborar sua fala com as ideias dos autores Moran, Behrens e Masetto (2003),

quando dizem que alunos que têm curiosidade e que possuem motivação contribuem no processo de ensino e de aprendizagem e assim podem se desenvolver junto com seus professores, em um processo de colaboração. A Figura 37 apresenta as respostas dos grupos G27 (formado pelos alunos A19, A20, A21 e A22), em relação à *Questão d*.

Figura 37 – Resposta do grupo G23 atribuída à *Questão d*, referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética.

d) Movimentar o ímã retirando-o do interior da bobina. O que aconteceu com o ponteiro do galvanômetro em relação ao item (a) ?

Previsão:

de movimento para a direita, lado positivo

Explicação após observações feitas no experimento:

como na previsão

Fonte: O autor, 2016.

A resposta dos alunos do grupo G23 para a *Questão d* do experimento representa alguns alunos que, apesar dos esforços do professor pesquisador para incentivar a busca do conhecimento, ainda mostra certo desinteresse na realização das atividades, ao contrário de outros alunos, que se mostraram bastante motivados e interessados, como foi visto na resolução das questões anteriores.

Acredita-se que, quando o aluno está predisposto a aprender, a probabilidade de que isso ocorra de fato é muito maior. Dessa forma, é muito importante que o aluno esteja interessado em aprender antes mesmo de ser submetido a qualquer situação de aprendizagem. O autor Wurman (1991, p.146) acredita que “o interesse permeia qualquer esforço e vem antes da aprendizagem”, ou seja, há uma relação da aprendizagem com o interesse em aprender. Em algumas situações, quando não há engajamento do aluno com o processo de ensino, o aprendizado pode se tornar mais difícil. A Figura 38 apresenta as respostas dos grupos G22 (formado pelos alunos A5 e A29) em relação à *Questão e*.

Figura 38 – Resposta do grupo G22 atribuída à *Questão e*, referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética.

e) O que aconteceu com o sentido da corrente induzida em relação ao item (b) ?

Previsão:

o sentido mudou, horário

Explicação após observações feitas no experimento:

o sentido ~~se~~ muda pois ao
deixar o polo N na bobina cria
um sentido anti-horário e ao
retirar ^{muda} ~~o~~-se o sentido p/
horário.

Fonte: O autor, 2016.

Ao se analisarem as respostas dos alunos do grupo G22, observa-se que estão bem explicadas após as observações realizadas na simulação, pois estão de acordo com as respostas dos alunos do grupo G21, atribuídas à *Questão b*, referente à simulação 2, envolvendo indução eletromagnética. Os dois questionamentos possuem a mesma natureza e praticamente o mesmo objetivo. Ambas as afirmações dos grupos são justificadas pelas ideias de Walker, Halliday e Resnick (2010), no que se trata da Lei de Lenz, ou seja, quando se aproxima o polo norte do ímã na espira surge, de modo a repeli-lo, outro polo norte na face da espira. Nesse caso, de acordo com a regra da mão direita, a corrente induzida na espira tem o sentido horário, pois, em se observando a *Questão d* anterior, percebe-se que o ímã foi retirado da bobina e, portanto, seu polo norte está se afastando da face superior da bobina, fazendo com que surja um polo sul contrário ao polo norte no ímã. A Figura 39 apresenta as respostas dos grupos G23 (formado pelos alunos A6 e A30) em relação à *Questão f*.

Figura 39 – Resposta do grupo G23 atribuída à *Questão f*, referente ao experimento envolvendo indução eletromagnética.

f) Para produzir um polo norte induzido sobre a face da espira voltada para o ímã, devemos aproximar ou afastar o ímã?

Previsão:

Devemos aproximar o ímã, pois assim irá nascer uma corrente, originando um fluxo magnético.

Explicação após observações feitas no experimento:

O experimento foi de acordo a previsão feita.

Fonte: O autor, 2016.

Ao se analisar a resposta dos alunos do grupo G23, observa-se que eles apresentaram uma solução que converge com uma teoria cientificamente aceita pelas mesmas razões dadas na *Questão e* anterior e pelas mesmas justificativas dos autores Walker, Halliday e Resnick (2010), no que se refere à Lei de Lenz. Dessa forma, para produzir um polo norte induzido na face da espira voltada para o ímã, os alunos aproximaram-no, pois já haviam identificado previamente, usando uma bússola, os polos do ímã e sabiam que se tratava da aproximação de um polo norte na face da espira. Assim, de acordo com a Lei de Lenz, ao se aproximar um ímã de polo norte para a face da espira, surge outro polo norte.

No decorrer das atividades, o aluno A30, do grupo G23, fez a seguinte afirmação: *“Professor, nunca tivemos aulas assim, usando computador e experimentos ao mesmo tempo. É bem diferente. Acho que assim temos mais chance de aprender o conteúdo. É interessante ver como os experimentos funcionam e os movimentos do programa no computador também. Estou gostando”*. Dessa forma, segundo o relato do aluno, percebe-se que, com o uso das atividades computacionais e com as atividades experimentais integradas, pode ser que os alunos tenham ficado mais motivados e curiosos em aprender, seja por terem habilidades com informática, por gostarem de manusear os equipamentos dos

experimentos ou pela facilidade de visualização de algo que, na teoria, parece tão abstrato. O autor Gagné (1974) acredita que *a priori* o aluno tem que estar motivado a fazer alguma atividade, assim o processo de aprendizagem será mais promissor.

É importante destacar que, no fim das atividades, ao término das aulas, muitos alunos continuavam a verificar outras simulações nos *softwares*, a explorar os experimentos, olhando e mudando as situações dos materiais e fazendo outras perguntas. Eles sempre perguntavam se era possível fazer os experimentos em casa, de que material mais simples precisavam, afirmavam que iam usar em feiras de ciência. Muitos alunos solicitaram a instalação dos *softwares* em seus notebooks, pediram para levar em *pen drives* ou requisitavam o site onde pudessem encontrar o programa. Pelo que se pode observar das afirmações dos alunos e na perspectiva do pesquisador, diz-se que houve interesse e motivação deles em aprender o conteúdo de indução eletromagnética.

4.3 Análise do questionário final (Apêndice G)

Neste tópico discutem-se algumas evidências da predisposição dos estudantes em aprender Física, mais especificamente em relação ao abordar o tema da indução eletromagnética por meio de atividades computacionais e experimentais integradas. O questionário final está dividido em duas partes. Na primeira foram observados aspectos referentes à identificação dos alunos e a suas condições socioeconômicas no que se trata de tecnologia. Na segunda parte existem sete questões que foram respondidas pelos estudantes no último encontro depois do desenvolvimento de todas as atividades. Na Figura 40, transcreve-se a primeira parte do questionário final. Na Figura 41, há um gráfico que representa as respostas dos alunos referentes à mesma e, na Figura 42, um gráfico que mostra o percentual de alunos por faixa etária.

Figura 40 – Primeira parte do questionário final

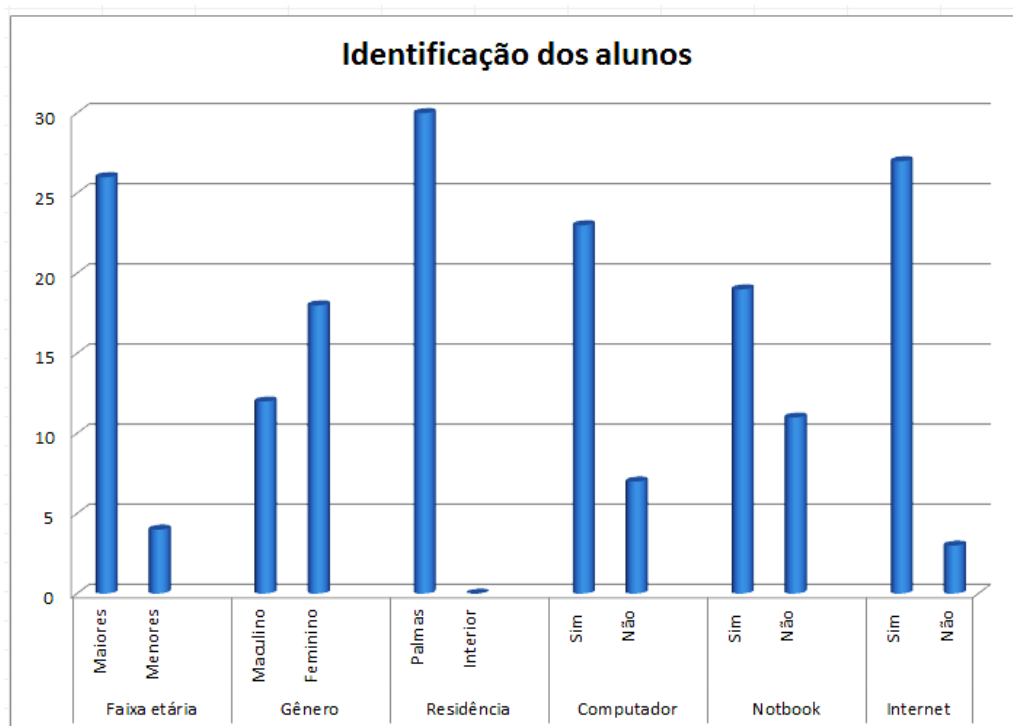
Parte 1 (Identificação)

Idade atual: _____

Gênero: Masculino Feminino Reside: Palmas Interior: Possui computador pessoal em casa: Sim Não Possui notebook: Sim Não Possui acesso a internet em casa: Sim Não

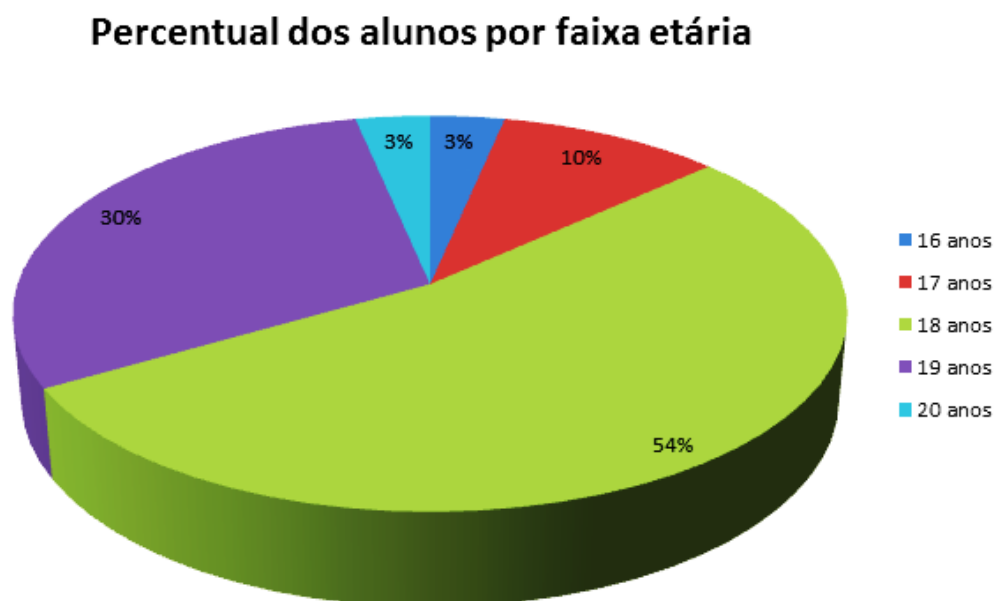
Fonte: O autor, 2016.

Figura 41 – Gráfico representativo das respostas dos alunos referente à primeira parte do questionário final.



Fonte: O autor, 2016.

Figura 42 - Gráfico do percentual de alunos por faixa etária.



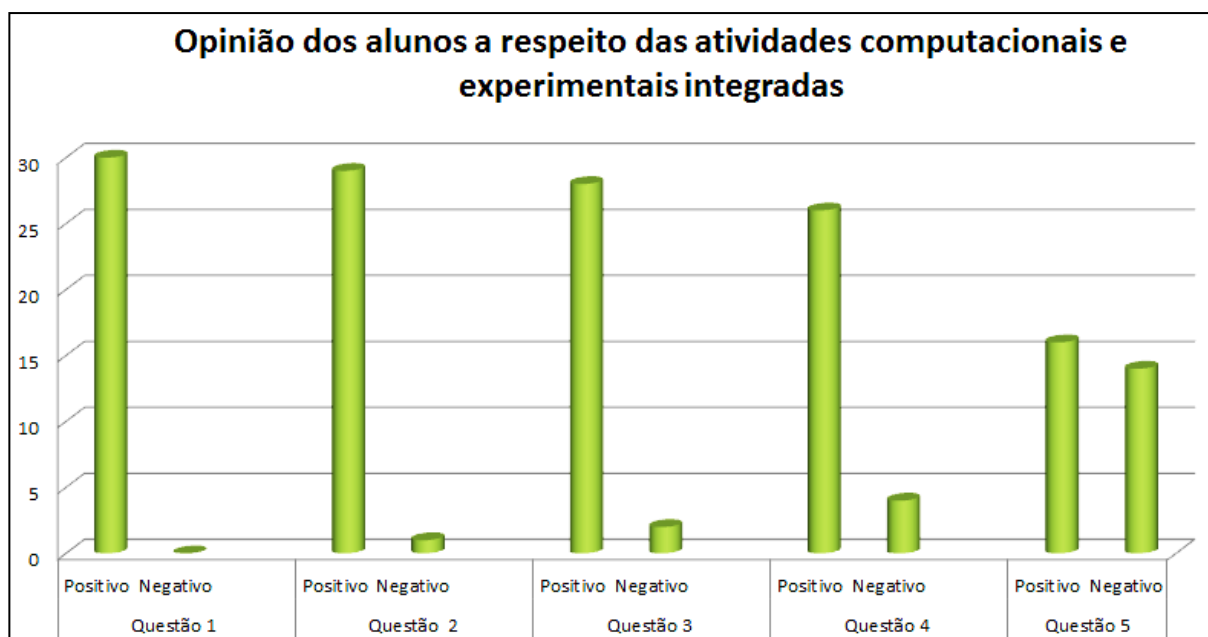
Fonte: O autor, 2016.

De acordo com os gráficos das Figuras 41 e 42 percebe-se que a maioria dos alunos é do gênero feminino, maiores de dezoito anos, residentes em Palmas. Um aspecto interessante que se pode notar nestes gráficos é que a maior parte dos alunos possui acesso à internet e têm computador ou notebook. Com tais ferramentas eles podem estender seus estudos que envolvem simulações computacionais para outros ambientes fora dos laboratórios e da sala de aula.

As primeiras cinco questões da segunda parte do questionário final tiveram como objetivo sondar a opinião dos estudantes em relação às atividades computacionais e experimentais; as duas últimas buscaram informações deles a respeito de sua preferência por experimentos virtuais ou reais. Elas foram feitas sem que o aluno se identificasse, pois, de acordo com Elliot (2005), responder a um questionário anonimamente produz no entrevistado uma sensação maior de liberdade e segurança, possibilitando, assim, maior probabilidade na autenticidade das respostas.

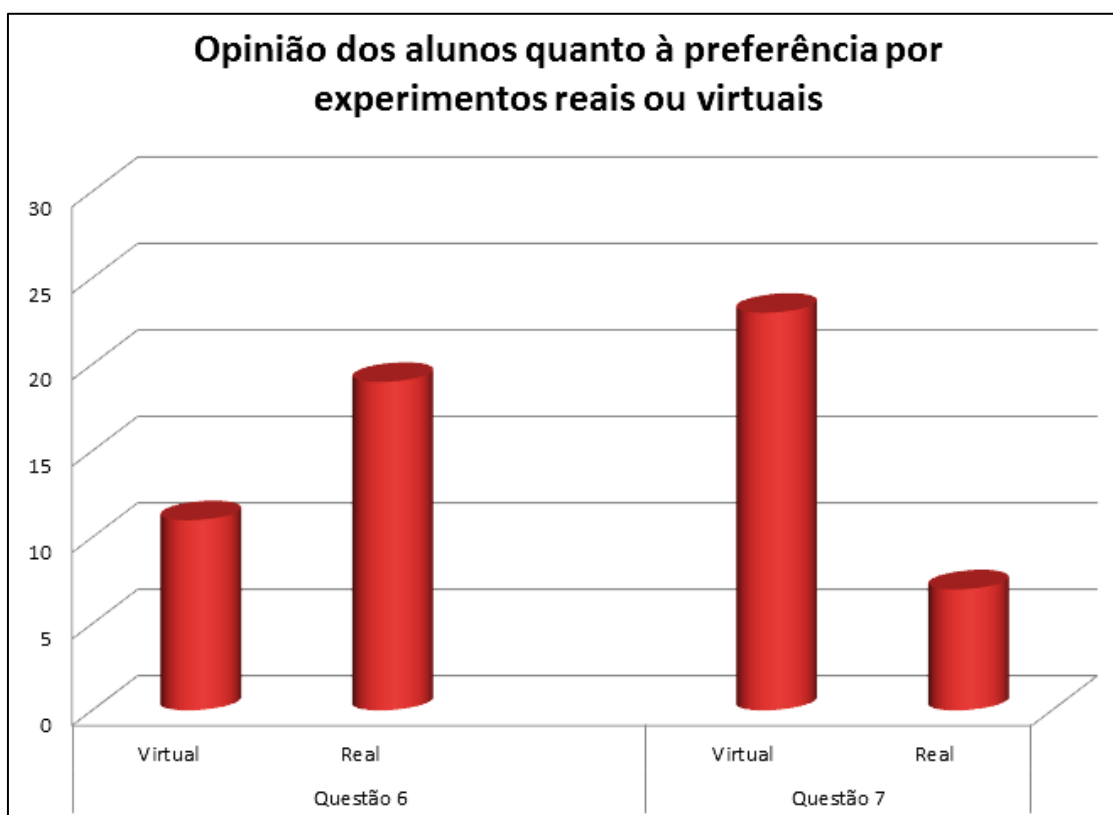
Antes que se discutam as respostas dos alunos para cada questão, mostra-se, para que se possa obter uma visão geral objetiva de quantos alunos responderam positiva ou negativamente às questões, dois gráficos que possuem tal função. A Figura 43 mostra um gráfico que representa a opinião, positiva ou negativa, dos alunos na escrita de suas respostas referentes às atividades computacionais e experimentais integradas e a Figura 44 mostra um gráfico que representa a opinião dos alunos quanto à sua preferência por experimentos reais ou virtuais.

Figura 43 - Gráfico que representa a opinião dos alunos referente às atividades computacionais e experimentais integradas nas cinco primeiras questões do questionário final.



Fonte: O autor, 2016.

Figura 44 - Gráfico que representa a opinião dos alunos quanto à sua preferência por experimentos reais ou virtuais nas duas últimas questões do questionário final



Fonte: O autor, 2016.

Pelo que se pode observar no gráfico da Figura 43, a maioria dos alunos teve aceitação em relação ao uso de atividades computacionais e experimentais integradas para a compreensão de conceitos físicos. Quanto ao gráfico da Figura 44, percebe-se, ao se analisar as médias das respostas para as duas perguntas, que os alunos se mostram divididos entre qual das atividades, real ou virtual, lhes parece mais útil ou agradável de fazer. Na Figura 45, apresenta-se a primeira questão do questionário final e no Quadro 4 as respostas de alguns alunos.

Figura 45 - Primeira questão do questionário final.

01. Você gostou de trabalhar com atividades computacionais integradas com atividades experimentais:
Sim Não
Por quê?

Fonte: O autor, 2016.

Os 30 estudantes envolvidos com a pesquisa responderam de modo positivo a esta questão. Muitos deles mencionaram, ainda durante as aulas, que “*puderam compreender melhor o assunto, pois houve uma boa relação da teoria com a prática*”. Outros alunos afirmaram ainda que “*viram as linhas de campo magnético*”; “*puderam interagir melhor com seus colegas*”; “*aprenderam praticando; deixaram um pouco as listas de exercícios cansativas para aprender de modo mais divertido*”. O Quadro 4 mostra mais algumas afirmações dos alunos, agora especificamente para responder à Questão 1.

Quadro 4 – Respostas dos alunos para a Questão 1 do questionário final.

| Aluno | Resposta |
|-------|--|
| A18 | A tecnologia integrada à educação é uma ótima forma de aprendizagem |
| A21 | Por ser assim o conteúdo se torna dinâmico e mais interativo, fica mais divertido e fácil de aprender. |
| A22 | Permitiu que aprimorássemos nosso conhecimento tanto na parte computacional digamos que também na teoria e depois comprováramos nos experimentos. |
| A23 | Foi de grande importância para meu aprendizado, tenho certeza que se tivéssemos apenas trabalhos teóricos, não teríamos adquirido os conhecimentos, no qual adquirimos nesses aulas. |
| A25 | Dinamiza o aprendizado e facilita o entendimento do aluno sobre o conteúdo ministrado. |

Fonte: O autor, 2016.

O aluno A18 chama atenção por mencionar a importância da tecnologia como forma de melhorar a aprendizagem. Suas palavras são corroboradas pelas afirmações de Brandão, Araújo e Veit (2008), quando dizem que estratégias didáticas que se utilizam de tecnologia mostram-se uma alternativa para a inserção científica dos alunos e que contribuem na construção do conhecimento científico. Nesse sentido, D'Ambrósio (2002, p. 78) afirma que:

Será essencial para a escola estimular a aquisição, a organização, a geração e a difusão do conhecimento vivo, integrado nos valores e expectativas da sociedade. Isso será impossível de se atingir sem a ampla utilização de tecnologia na educação. Informática e comunicações dominarão a tecnologia educativa do futuro.

As respostas dos alunos e os resultados dos questionários confirmaram a parcela de contribuição das atividades computacionais integradas às atividades experimentais no sentido de motivá-los aos estudos dos conteúdos físicos propostos durante as aulas. Além do mais, nota-se que houve maior possibilidade de engajamento dos alunos e maior interação dos mesmos no desenvolvimento das atividades, pois a forma como elas ocorreram se tornou mais prazerosa e dinâmica. Na Figura 46, mostra-se a segunda questão do questionário final e no Quadro 5 as respostas dos alunos.

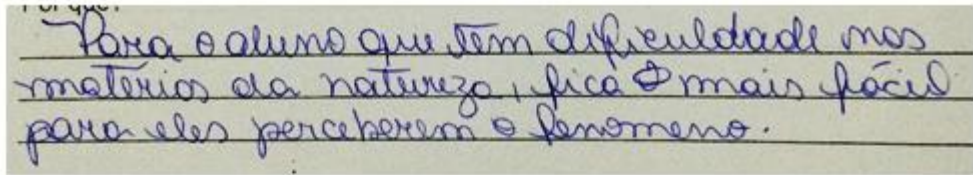
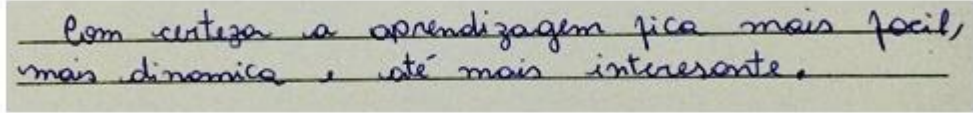
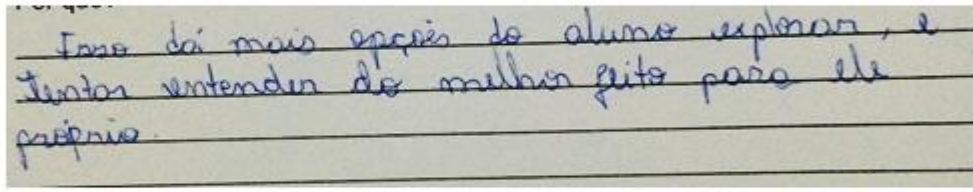
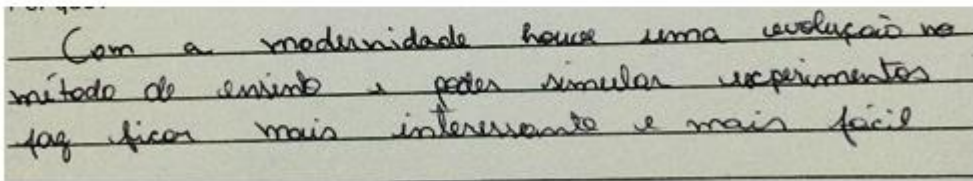
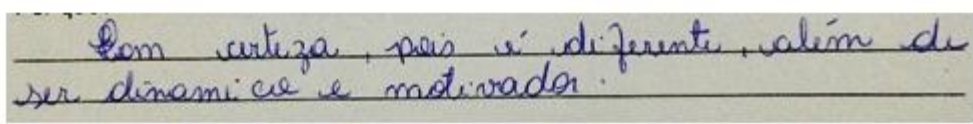
Figura 46 – Segunda questão do questionário final.

| |
|---|
| <p>02. Você considera as atividades computacionais integradas com as atividades experimentais importantes para a aprendizagem de Física:</p> <p>Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>Por quê?</p> |
|---|

Fonte: O autor, 2016.

Para esta questão, sem apresentar justificativa, apenas um aluno respondeu de forma negativa. Todos os outros consideram importantes as atividades que foram desenvolvidas durante as aulas para se aprender Física. Além disso, fizeram as devidas justificativas, expressando suas concepções a respeito dessa forma de abordagem pedagógica.

Quadro 5 – Respostas dos alunos para a Questão 2 do questionário final.

| Aluno | Resposta |
|-------|--|
| A15 |  |
| A19 |  |
| A26 |  |
| A27 |  |
| A30 |  |

Fonte: O autor, 2016.

Ao se analisarem as respostas dos alunos quanto à Questão 2, observa-se que a maioria delas faz referência à “*facilidade*” de se aprender os conceitos físicos para justificar a importância que eles atribuíram ao uso das atividades computacionais integradas às atividades experimentais. Paz (2007, p. 188) traz as seguintes afirmações a respeito do resultado de sua pesquisa, que reforçam cientificamente tal concepção:

[...] utilizando-se de um modelo com atividades experimentais aliadas a atividades virtuais de simulação, verificamos que os alunos transpuseram os obstáculos de aprendizagem dos conceitos de Eletromagnetismo. [...] Nesta associação de atividades, os alunos apresentaram um melhor entendimento das interações e comportamento das variáveis eletromagnéticas no espaço tridimensional e, transitaram com mais facilidade entre os planos

tridimensionais nas atividades experimentais e o plano bidimensional dos desenhos e da planificação nas atividades virtuais.

O aluno A30 afirma que as atividades são importantes porque são “*diferentes, dinâmicas e motivadoras*”. Dessa forma, esse é um indício de que elas podem ser vistas como mais uma alternativa para facilitar o entendimento das relações entre o magnetismo e a eletricidade, que podem ser analisadas e visualizadas com maior propriedade em três dimensões por meio de *softwares* de simulação e de experimentos. Segundo Medeiros e Medeiros (2002), se os objetivos educacionais pretendidos são evidentes, se torna bem mais simples a utilização das ferramentas computacionais com o intuito de que os alunos possam entender os conceitos, construindo, assim, seu conhecimento.

Araújo e Abib (2003) afirmam que o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais produtivas de se minimizar as dificuldades de se aprender e ensinar Física. Esta afirmação pode justificar sua integração com as atividades computacionais para potencializar a capacidade dos alunos em compreender os conceitos físicos, deixando-os mais fáceis de serem entendidos. Na Figura 47, mostra-se a terceira questão do questionário final e no Quadro 6 as respostas dos alunos.

Figura 47 – Terceira questão do questionário final.

03. Você acredita que o uso das atividades computacionais integradas com atividades experimentais contribuiu na aprendizagem do conceito de Indução Eletromagnética? Justifique.

Fonte: O autor, 2016.

Vinte e oito estudantes, dos trinta envolvidos com a pesquisa, acreditam que as atividades computacionais e experimentais integradas contribuem em sua aprendizagem em relação ao conceito de indução eletromagnética ao responderem a Questão 3. Apenas dois não foram favoráveis às atividades, sendo que um deles alegou “*sentir falta das listas de exercícios, porque tem mais cálculo*”. Na escrita deste aluno nota-se o quanto o ensino desenvolvido de forma tradicional acaba por

doutrinar os estudantes de forma que se torna difícil a ruptura com receitas para aprender.

Quadro 6 – Respostas dos alunos para a Questão 3 do questionário final

| Aluno | Resposta |
|-------|---|
| A1 | Sim, porque vemos em tempo real e com detalhes o que acontece com o campo e suas características. |
| A6 | Sim. Pois os experimentos ajudam a entender melhor o que acontece. |
| A7 | Sim, pois o estudo fica mais dinâmico. |
| A8 | Sim porque é um método mais interativo para o aluno. |
| A20 | Sim, por que o conceito de indução eletromagnética é um assunto muito complexo. |

Fonte: O autor, 2016.

Ao se observarem as respostas dos alunos em relação à Questão 3, nota-se o uso de termos como “tempo real”, “dinâmico” e “interativo” para justificar sua crença na eficiência do uso das atividades computacionais e experimentais integradas para melhoramento dos seus estudos em indução eletromagnética.

Estes termos vão ao encontro de ideias como a de Santos e Borges (2009), quando afirmam que a informática no ambiente escolar é mais uma ferramenta pedagógica que auxilia o professor dando mais “dinamismo às aulas” e que o uso do

computador como uma ferramenta pedagógica contribui no processo de aprendizagem dos alunos.

Dumitrescu *et al.* (2009) afirmam que, utilizando os experimentos, os alunos podem observar fenômenos, testar hipóteses e aplicar a sua compreensão ao *mundo real*. Eles são importantes para o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem de Física, pois permitem que os alunos entrem em *contato direto* com os fenômenos da natureza. O que está de acordo com a resposta do aluno A1.

Destaca-se o aluno A20, quando afirma que acredita no uso das atividades integradas porque “o conceito de indução eletromagnética é um assunto muito complexo”. Segundo Paz (2007), os conceitos de Física que tratam do eletromagnetismo estão em um grupo que apresenta considerável complexidade de entendimento. Muitos dos professores concorda que os alunos demonstram dificuldades na aprendizagem das leis e fenômenos que estão ligados a ele, o que se confirma na resposta do aluno A20. Na Figura 48, mostra-se a quarta questão do questionário final e no Quadro 7 as respostas dos alunos.

Figura 48 – Quarta questão do questionário final.

04. Você gostaria de trabalhar atividades experimentais integradas a atividades computacionais com outros conteúdos de Física ou com outras disciplinas? Justifique.

Fonte: O autor, 2016.

Oitenta e seis por cento dos alunos responderam positivamente à Questão 4 e se justificaram. Alguns alunos, que tiveram posicionamento negativo quanto a esta questão, afirmam que “gostariam de usar as atividades integradas apenas no estudo de outros conceitos de Física”, outros que “seria interessante em Física, Química e Biologia”, alguns alunos disseram que “seria importante em Matemática também”, poucos alunos afirmaram não querer usar as atividades integradas em outras disciplinas, cerca de três por cento.

Quadro 7 – Respostas dos alunos para a questão 4 do questionário final.

| Aluno | Resposta |
|-------|---|
| A2 | <p>Justifique.</p> <p>Sim pois oferece uma nova visão da matéria estudada, assim ampliando os conhecimentos.</p> |
| A14 | <p>Sim, o uso da tecnologia pode facilitar o aprendizado</p> |
| A16 | <p>Sim pois eu tenho mais clareza dos fenômenos que estão na natureza, fazendo com que eu fi que mais motivado a estudar.</p> |
| A17 | <p>Sim. Pois há uma compreensão melhor dos conteúdos.</p> |
| A29 | <p>Sim. Porque rapidamente o conceito será melhor interpretado</p> |

Fonte: O autor, 2016.

Analisando as respostas dos alunos, observa-se que eles usariam as atividades computacionais e experimentais integradas em outros conteúdos de Física e em outras disciplinas por diversos motivos. Por esse método de ensino “*ampliar seus conhecimentos*”, por “*facilitar a aprendizagem*”, por promover maior “*motivação aos estudos*”, por ajudar a “*compreender melhor os conteúdos*” e pela “*rapidez com que o novo conceito estudado é interpretado*”.

No decorrer das atividades computacionais e experimentais integradas, os estudantes tiveram a chance de ampliar suas habilidades e desenvolver suas competências, como trabalhar em grupo, ter responsabilidade individualmente e poder de discussão para resolver novos problemas. Acreditamos que os alunos

perceberam que esse desenvolvimento é importante para qualquer outro assunto de Física ou para outra disciplina.

De acordo com Thomaz (2000), as atividades realizadas pelo docente em sala de aula estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento de capacidades particulares dos estudantes, como criatividade, poder de decisão e motivação. Desse modo, é função básica do professor organizar as atividades em grupo, acompanhar seu desenvolvimento e observar a participação dos alunos na execução das atividades. Na Figura 49, mostra-se a quinta questão do questionário final e no Quadro 8 as respostas dos alunos.

Figura 49 – Quinta questão do questionário final.

05. Quais as dificuldades que você encontrou no desenvolvimento das atividades propostas?

Fonte: O autor, 2016.

A maioria dos estudantes declarou não possuir dificuldade alguma no desenvolvimento de seus estudos nem durante a execução das atividades. Pouco menos de cinquenta por cento deles afirmaram o contrário, com justificativa, ao responderem à Questão 5.

Quadro 8 – Respostas dos alunos para a Questão 5 do questionário final

| Aluno | Resposta |
|-------|----------|
| A3 | |
| A4 | |
| A9 | |
| A10 | |
| A24 | |

Fonte: O autor, 2016.

Ao se observar o Quadro 8 de repostas, nota-se que existem justificativas variadas para sustentar as dificuldades durante a realização das atividades computacionais e experimentais integradas. Considera-se a alegação do aluno A3, que se refere a “*pouco material para muita gente*”, que é infundada, pois, como já foi dito no item 4.2 desta pesquisa, existiu material suficiente para todos os alunos em grupos de três ou quatro, distribuídos para quatro bancadas do laboratório. Provavelmente, sua afirmação reflete certa dificuldade de trabalhar em grupo, já que está habituado a realizar tarefas teóricas de forma individual.

Os alunos A4 e A10 fizeram alegações relacionadas com a teoria, ou seja, esqueceram certos conteúdos ou conceitos estudados anteriormente, na forma de discussão, necessários para a realização das tarefas e melhor compreensão do novo assunto proposto. Tal fato pode ser um detalhe que justifica o considerável fracasso dos alunos em eletrodinâmica, detectado pelo primeiro instrumento de

coleta de dados feito nesta pesquisa. É importante destacar que esses mesmos alunos foram instruídos de forma tradicional pelo professor/pesquisador desta pesquisa na forma de aulas expositivas dialogadas apenas.

Segundo Takahashi (2013), os estudantes compreendem melhor a Física como uma ciência experimental, interdisciplinar e que acompanha o desenvolvimento tecnológico, e esperam que as atividades experimentais, quando realizadas, tenham ligação com o seu dia a dia, e com observações de fenômenos na natureza. Desse modo, pode-se afirmar que as atividades experimentais e computacionais integradas no ensino de eletromagnetismo é uma tendência viável para o entendimento de muitos dos conceitos físicos que se mostram abstratos em aulas teóricas expositivas e, portanto, difíceis de serem visualizados e compreendidos no mundo real.

Os alunos A9 e A24 reclamam do método POE, por não conseguirem fazer todas as previsões durante as atividades. Acredita-se que o fato deles não conseguirem realizá-las com a devida propriedade esteja ligado com o número de aulas teóricas. Para este grupo específico de alunos havia possivelmente a necessidade de maior número de aulas teóricas ou o desenvolvimento de aulas teóricas diferenciadas. Na Figura 50, mostra-se a sexta questão do questionário final e no Quadro 9 as respostas dos alunos.

Figura 50 – Sexta questão do questionário final.

06. Qual forma de experimentação (virtual ou real) você valoriza mais?

Fonte: O autor, 2016.

A maioria dos alunos, 19 deles, quando perguntados quanto ao valor atribuído por eles para as atividades reais ou virtuais, responderam preferir às atividades que envolvem experimentos reais. Alguns estudantes se justificaram de acordo com as afirmações do Quadro 9.

Quadro 9 – Respostas dos alunos para a Questão 6 do questionário final

| Aluno | Resposta |
|-------|----------|
| A8 | |
| A11 | |
| A12 | |
| A13 | |
| A28 | |

Fonte: O autor, 2016.

O aluno A8 afirma que prefere as atividades reais porque ele “*as realiza na hora*”, ou seja, sua escolha se baseia em aspectos que refletem à sua autonomia como estudante. Para o aluno, o fato de realizar uma atividade concreta, em tempo real, lhe dá mais liberdade, possibilitando melhor entendimento dos conceitos estudados. Em relação às atividades que se referem aos experimentos reais no ensino de Física, Séré *et al* (2003, p. 40) afirmam que:

Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados.

Os alunos A11 e A13 usam os termos “*interessante*” e “*divertido*” na justificativa de suas escolhas, ou seja, os experimentos reais são para eles mais que simples atividades auxiliadoras nas aulas. Por meio deles, os alunos têm mais interesse pela Física e aprender se torna uma atividade mais prazerosa. Assim, as chances de compreensão dos assuntos são aumentadas. Essas afirmações estão de acordo com o autor Laború (2006, p. 384), que diz que se deve:

[...] ativar a curiosidade dos alunos, em momentos do processo de ensino, utilizando experimentos com formato cativante, que atraiam e prendam a atenção. Na medida em que se passa a planejar experimentos com essa orientação, ultrapassando a preocupação de adequá-los apenas ao conteúdo ou ao conceito de interesse, pode-se ajudar a abalar atitudes de inércia, de desatenção, de apatia, de pouco esforço.

Os alunos A12 e A28 defendem sua escolha, preferindo os experimentos reais, se referindo à “*manipulação dos equipamentos*”, ou seja, acreditam compreender melhor os conceitos físicos quando, através de objetos, podem entrar em contato direto com o que se pretende aprender. Na Figura 51, mostra-se a sétima questão do questionário final e no Quadro 10 as respostas dos alunos.

Figura 51 – Sétima questão do questionário final.

07. À qual experimento (virtual ou real) você recorre primeiramente quando tem uma dúvida sobre o conteúdo? Porquê?

Fonte: O autor, 2016.

Quase oitenta por cento dos alunos entrevistados em relação à Questão 7 responderam afirmando que utilizam mais os experimentos virtuais quando precisam esclarecer alguma dúvida. Observam-se suas justificativas por preferirem esse tipo de experimento no Quadro 10.

Quadro 10 – Respostas dos alunos para a Questão 7 do questionário final

| Aluno | Resposta |
|-------|--|
| A8 | Virtual, por ser um mecanismo mais rápido de ser encontrado. |
| A10 | Virtual, porque encontro de forma mais rápida |
| A16 | Eu utilizei mais o experimento virtual já que tem mais opções e custo menor as matérias para realizar. |
| A19 | Virtual o acesso é mais fácil. |
| A23 | Eu vou no virtual, pois é onde consigo entender de forma clara o que se pede. |

Fonte: O autor, 2016.

Nota-se que os alunos A8, A10 e A19 utilizam termos, para justificar sua preferência pelos experimentos virtuais para tirar dúvidas, como: “*mais rápido de ser encontrado*”; “*encontro de forma mais rápida*”; “*o acesso é mais fácil*”. Tais afirmações vão ao encontro das ideias de Arantes et al. (2010), que dizem que dois aspectos são importantes para justificar o uso das atividades computacionais: o acesso fácil por meio da *internet* (atualmente disseminada em quase todos os ambientes) e a fácil interação pelos estudantes, assim a linguagem simples da informática é muito bem recebida por eles.

O aluno A16 se justifica afirmando que, com as atividades computacionais, “*se gasta menos material para realizar*”. Este é um dos aspectos mais defendidos por autores que acreditam nesse tipo de atividade. Barbeto e Yamamoto (2001, p.

216) fazem considerações nesse sentido, em relação às simulações computacionais, afirmando que:

[...] os alunos podem, a princípio, utilizar estas demonstrações como um complemento dos assuntos tratados em aula, podendo o material ser acessado no instante em que eles estiverem reestudando o tópico abordado pela demonstração simulada. Uma outra vantagem importante, é o baixo custo de instalação e manutenção. Os recursos materiais necessários para a sua utilização em aula restringem-se ao *software* de simulação, computador e projetor multimídia, os quais podem ser utilizados para a realização de uma enorme gama de demonstrações.

Costa e Pereira (2011, p. 1) também fazem afirmações defendendo a vantagem do baixo custo das atividades computacionais:

Experimentos virtuais são objetos de aprendizagem que utilizam softwares específicos para simular a realização de experimentos reais, com a vantagem de possuírem baixo custo, se comparados com os laboratórios reais, uma vez que a maioria das escolas possui um laboratório de informática.

O aluno A23 prefere utilizar os experimentos virtuais porque os considera de melhor visualização. Essas atividades lhes parecem mais simples de serem realizadas e mais “claras” de serem entendidas em comparação com as atividades envolvendo experimentos reais.

Assim, fazendo uma síntese dos resultados: o questionário inicial permitiu identificar os conhecimentos conceituais dos estudantes que envolvem as relações entre as grandezas campo elétrico, corrente elétrica, campo magnético e força magnética. Os alunos mostraram possuir conhecimentos em magnetismo, mas não mostraram habilidade em conceitos relativos à eletricidade.

De modo geral, pelo que se pôde notar no desenvolvimento das questões, diz-se que pouco mais de 50% dos alunos possui conhecimentos prévios relacionados aos assuntos de eletrodinâmica e magnetismo. No entanto, esses conhecimentos foram suficientes para que se pudesse introduzir e trabalhar o conceito de indução eletromagnética.

O questionário inicial foi um indicador para o modo como o pesquisador deveria conduzir as atividades. No início e no decorrer das aulas, foi realizada a abordagem teórica dos assuntos, principalmente os de eletrodinâmica. Sempre que necessário, referências a esses princípios básicos foram realizadas.

No decorrer do desenvolvimento das atividades percebeu-se que o guia Predizer, Observar e Explicar (POE) possibilitou a promoção de engajamento cognitivo e a interação entre os estudantes e com os recursos instrucionais. No término das aulas, os estudantes entregaram apenas uma solução por grupo das questões respondidas, onde foram avaliadas conceitualmente. Exigindo apenas uma solução por grupo, promoveu-se a negociação de significados entre os alunos e com isso avaliou-se sua compreensão em relação aos conceitos estudados. O Quadro 11 mostra as principais percepções do professor/pesquisador em relação ao desenvolvimento das atividades.

Quadro 11 - Percepções do professor/pesquisador em relação ao desenvolvimento das atividades.

| Assunto | Objetivo | Percepções positivas | Percepções negativas |
|--|--|--|--|
| Experiência de Oersted | Explorar o surgimento da relação entre Eletricidade e Magnetismo | Durante as atividades todos os grupos notaram a relação existente entre corrente elétrica e o surgimento de um campo magnético. | Três alunos dos grupos fizeram referência ao questionário inicial, pois eles mencionaram ter dúvidas quanto às linhas de campo formadas e quanto ao sentido da corrente. |
| Campo magnético no interior de um solenoide | Caracterizar o campo magnético produzido por corrente elétrica em um solenoide | No decorrer das atividades, sob a perspectiva do professor da turma, reuniu-se um conjunto de indícios que possivelmente levam a conclusão de que trabalhar dessa forma tenha favorecido aos alunos concluírem | Dois alunos dos grupos continuaram com dificuldade em descrever o sentido ou a direção do vetor campo magnético e relacioná-los com o sentido da corrente no solenoide. |

| | | | |
|--------------------------------|---|--|--|
| | | que um solenoide percorrido por corrente elétrica adquire as mesmas características de um ímã. | |
| Indução Eletromagnética | Investigar as principais características do conceito de Indução Eletromagnética . | Os grupos tiveram a noção do conceito de indução eletromagnética, ou seja, a de que um campo magnético variável cria uma corrente induzida em um condutor. | Quatro alunos dos grupos tiveram dificuldade para determinar o sentido da corrente induzida. |

Fonte: O autor, 2016.

Durante a realização das atividades, percebeu-se que os grupos de alunos trabalharam as atividades experimentais e as atividades computacionais de forma integrada, fazendo questionamentos para o professor ou mostrando para os seus colegas onde uma poderia complementar a outra e assim ajudar na compreensão dos conceitos físicos estudados. No entanto, apesar das vantagens (percebidas principalmente por meio das declarações dos alunos) do uso dessas atividades, também puderam ser detectadas, durante sua execução, algumas limitações. O Quadro 12 mostra algumas das vantagens e algumas limitações percebidas pelo professor/pesquisador em relação ao uso das atividades computacionais integradas com as atividades experimentais.

Quadro 12 - Vantagens e limitações percebidas pelo professor/pesquisador em relação ao uso das atividades computacionais integradas com as atividades experimentais.

| Vantagens | Limitações |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Possuem um efeito positivo nos alunos em se tratando de visualização dos detalhes de um fenômeno. • Contribuem para o entendimento de aspectos dinâmicos na análise de um fenômeno físico. | <ul style="list-style-type: none"> • Três alunos tiveram dificuldade de relacionar as duas atividades. • Um aluno alegou a necessidade de apenas uma das atividades • O intervalo de tempo necessário para desenvolver essas atividades é muito maior do que o tempo necessário para |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Podem auxiliar na mudança da postura dos alunos diante das aulas, tornando-os mais participativos. • Apresentam um aspecto atrativo aos alunos, tornando-os mais curiosos. • São mais agradáveis e motivadoras, contribuindo na disposição dos alunos em aprender os conceitos físicos. • Podem ser mais atraentes e estimulantes para os alunos do que as aulas simples tradicionais utilizando apenas quadro branco e pincel. | <p>desenvolver atividades tradicionais.</p> |
|--|---|

Fonte: O autor, 2016.

O questionário final permitiu identificar qual o julgamento dos alunos a respeito da prática pedagógica utilizada. Permitiu avaliar o quanto ela foi motivadora, interessante ou importante para seu aprendizado em relação à indução eletromagnética. Em suas declarações, muitos alunos concordaram que as atividades computacionais integradas às atividades experimentais foram dinâmicas, motivadoras, interessantes, interativas e que facilitaram a compreensão dos conceitos estudados.

No próximo capítulo, apresentam-se as considerações finais, os objetivos que foram alcançados, as dificuldades que foram encontradas, e ainda as informações consideradas importantes em relação a esta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolver novos processos de ensino para tornar as aulas de Física mais agradáveis e significativas para os alunos tem sido cada vez mais desafiador para os professores da área. Esta pesquisa, usando métodos de ensino diversos, com destaque à integração entre atividades experimentais e computacionais, é uma tentativa de contribuir para uma resposta a tal desafio.

O problema desta pesquisa consistiu em como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética. Por meio das atividades realizadas no decorrer da intervenção pedagógica, constatou-se que integrar atividades computacionais e atividades experimentais pode contribuir para motivar os alunos a estudarem. Ao se analisar a resposta dos alunos nos guia POE e no questionário final perceberam-se sinais de que possivelmente foram compreendidos os principais conceitos estudados, além de engajamento, motivação e colaboração dos alunos durante as aulas.

Tendo como objetivo geral investigar como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética, foi possível notar, através dos trabalhos realizados, indícios de que os alunos estavam mais interessados, determinados a aprender, realmente envolvidos com os assuntos abordados e que dariam posteridade à aqueles estudos desenvolvidos durante as aulas.

É importante destacar que no IFTO acontece anualmente uma feira de ciências e que os alunos se mostraram dispostos a participar ou a auxiliar colegas em trabalhos usando o que aprenderam sobre indução magnética durante as aulas. Chegaram até a cogitar a possibilidade do início de um projeto que envolvesse a conversão de energia mecânica em elétrica por meio do princípio da indução eletromagnética. Assim, percebe-se que os alunos continuam com a intenção de ampliar seus estudos e em alcançar novos objetivos a partir dos estudos desenvolvidos durante as aulas.

Neste momento, são apresentados os resultados que se alcançou com base nos objetivos específicos. O primeiro objetivo, que foi identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos físicos necessários para que seja possível introduzir o tema indução eletromagnética, foi alcançado por meio da realização do questionário inicial. Com o uso dele, verificou-se que os alunos apresentaram conhecimentos necessários para que se pudesse introduzir o assunto de indução eletromagnética. Eles mostraram habilidade com conceitos de magnetismo, mas tiveram dificuldades em conceitos que envolveram eletrodinâmica. Mostraram ainda dificuldade de utilizar a regra da mão direita. Em vista disso, o professor/pesquisador, sempre que foi necessário, durante as atividades, esclareceu dúvidas sobre magnetismo e eletrodinâmica.

O segundo objetivo, que foi elaborar e desenvolver atividades experimentais e computacionais de forma integrada considerando os conhecimentos prévios dos alunos, foi atingido. Tais atividades foram criadas com base nas respostas dos alunos para o questionário inicial e foram desenvolvidas por eles sob a supervisão do professor/pesquisador. As questões dos guias POE foram simples e de cunho mais conceitual e técnico devido ao desempenho dos estudantes no questionário inicial. As atividades experimentais e computacionais de forma integrada, desenvolvidas durante as aulas, permitiram, segundo relatos dos alunos e resultados de questionários, que a eles fosse possível desenvolver uma atividade diferenciada sobre os conceitos de campos magnéticos gerados por correntes elétricas, solenoides e de correntes induzidas geradas por meio de campos magnéticos variáveis.

Quanto ao terceiro e último objetivo específico da pesquisa, que foi analisar as possíveis contribuições das atividades desenvolvidas durante a prática pedagógica no ensino do conceito de indução eletromagnética e nas atitudes e motivações dos estudantes diante das aulas, percebeu-se por meio das repostas dos alunos nos guias POE e de suas respostas no questionário final, além das suas falas durante a realização das atividades, que a integração das atividades desenvolvidas foi uma ação diferenciada, oportunizando um encontro entre o virtual e o real com significado, resultando numa pré-disposição e motivação para participar das aulas.

É importante considerar que dois alunos não se mostraram interessados nas atividades. Acredita-se que isso se deve, detectado por meio do questionário final, ao fato de esses alunos estarem provavelmente muito acomodados ao sistema clássico de ensino baseado em aulas teóricas e resolução de exercícios mecânicos, até mesmo devido à sua faixa etária, com a maioria acima dos 18 anos, que mostram certa resistência a mudanças. No entanto, de um modo geral, os alunos envolvidos com a pesquisa ficaram inclinados a estudarem outros assuntos de Física utilizando atividades computacionais integradas a atividades experimentais.

Ao término desta pesquisa, deduz-se que a construção de uma proposta metodológica dessa natureza, sugerindo a integração de atividades experimentais e atividades computacionais para a melhoria do ensino, pode dar origem a um material que venha auxiliar os docentes que buscam novas possibilidades e que possuem o intuito de melhorar a motivação dos alunos para construir conhecimento.

Com a conclusão desta pesquisa, espera-se que as atividades experimentais integradas às atividades computacionais sejam empregadas por outros professores do IFTO e de outras instituições, como uma metodologia que favoreça a motivação dos alunos e que instigue o interesse pelos estudos em Física. Essas atividades representam uma alternativa para que os estudantes se tornem engajados nas aulas, motivados e com vontade de entender o mundo físico que os cerca.

O pesquisador pretende dar continuidade a esta pesquisa, com a abordagem das atividades computacionais integradas às atividades experimentais em outras

turmas envolvendo outros assuntos de Física. Ao final da investigação envolvendo essas atividades, notou-se o quanto é importante a tentativa de se buscar novas formas de ensinar e de contribuir na motivação dos estudantes em aprender. Percebeu-se que tal abordagem de ensino pode favorecer o desenvolvimento dos conteúdos da estrutura curricular das instituições de ensino, visto que pode haver o desenvolvimento de outras habilidades dos alunos.

Percebeu-se que os objetivos dessa intervenção foram alcançados, pois os alunos mostraram mais interesse pelas aulas, além de se mostrarem mais curiosos. Foi notado que integrar experimentos de Física com *softwares* simuladores na mesma aula foi algo novo para os alunos. Alguns mostraram dificuldades técnicas com o manuseio de certos equipamentos, mas com a devida interação conseguiu-se sanar os problemas.

No fim do processo de intervenção notou-se que os alunos avaliaram tal procedimento de forma positiva e que integrar experimentação real com informática para entender melhor os conceitos sobre eletromagnetismo é uma alternativa de ensino motivadora, o que os instigou à curiosidade. Dessa forma, conclui-se que integrar atividades experimentais a atividades computacionais promove engajamento dos alunos na realização de seus estudos.

. Futuramente, seria conveniente a utilização de experimentos reais integrados a atividades computacionais também em outras disciplinas, como Matemática e Química, por exemplo, possibilitando, assim, que os alunos de qualquer nível de ensino se tornem mais participativos durante as aulas.

Acredita-se que este método de ensino, em que se integraram atividades experimentais e atividades computacionais desenvolvidas por alunos e professor, mostra-se adequado aos novos tempos da educação, quando se busca o entendimento do mundo pela experiência e pela tecnologia.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C.E. **Informática no Ensino de Física**. Rio de Janeiro: CEDERJ, 2010.
- ANDRADE, J.A.N. **Contribuições formativas do laboratório didático de física sob o enfoque das racionalidades**. 2010. 146 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.
- ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, 2010.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela; MOREIRA, Marco Antonio. **Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.
- ALYRIO, R.D. **Metodologia Científica**. PPGEN: UFRRJ, 2008.
- BARBETA, V. B; YAMAMOTO, I. **Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física**. *Revista Brasileira de Ensino da Física*, vol. 23, n. 2, p. 215-225. Maio, 2001. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172001000200013>>. Acessado em: 18/04/2016.
- BARROS, Aidil de J. P. de; LEHFELD, Neide A. de S. **Projeto de Pesquisa: propostas metodológicas**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.
- BORGES, A. Tarciso. **Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. Caderno Brasileiro do Ensino de Física**. v.19, n.3, p.291-313, dez 2002.
- BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física**. *Física na Escola*. São Paulo, v.9, n.1, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Brasília, 2000.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

COSTA, R. P; PEREIRA, J. G. **A importância dos experimentos virtuais para o ensino de ciências**. In: IV Semana de Ciência e Tecnologia IFMG – Campus Bambuí. Minas Gerais, 2011. Disponível em: <http://www.cefetbambui.edu.br/portal/files/jc4_ifmg_bambui_42.pdf>. Acessado em: 18/04/2016.

CARVALHO, M. T. dos S.; GONZAGA, A. M; NORONHA, E. L. **Divulgação científica: dimensões e tendências, tendências no ensino de ciências e matemática**. *Revista Amazônica de Ensino de Ciências. Manaus. v. 4. n. 7. p.99-114. ago-dez. 2011.*

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação Matemática da teoria à prática**. 9. Ed. São Paulo: Papirus, 2002.

DORNELES, Pedro Fernando Teixeira. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. 2010. 367 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

_____, P. F. T.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. **Atividades experimentais e computacionais como recursos instrucionais que se complementam: um estudo exploratório no ensino de eletromagnetismo em física geral**. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 8., 2009, Barcelona, Espanha. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, p. 1806-1810, 2009. n. extra ampl. corr.

DIAS, Lisete Funari; SOARES, Sandra Schmidt; BILHALBA, Larissa Pires. **Simulações computacionais no ensino de física: Potencialidade para uma aprendizagem significativa**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/atas/listaresumos.htm>>. Acessado em: 12/03/2015.

DUMITRESCU, Crinela. et al. **Using virtual experiments in the teaching process**. In: World Conference on Educational Sciences: New Trends and Issues in Educational Sciences. Nicosia, North Cyprus. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042809001414>>. Acessado em: 09/04/2015.

ELLIOT, John. **A investigação-ação na educação**. Madrid: Morata, 2005.

FÁVERO, M. H. & Souza, CMSG (2001). **A resolução de problemas em Física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica.** Investigações em Ensino de Ciências, vol. 6, no. 1, jan./abr., pp. 143-196.

_____, A. **Física 3: eletromagnetismo e Física moderna.** São Paulo: Editora Ática, 2000.

GAGNÉ, R. M. **Como se realiza a aprendizagem.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

_____, Alberto. **Física 3: Eletromagnetismo e física moderna.** 2. ed. São Paulo, editora ática, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

_____, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. **Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de física por parte de professores do ensino médio.** 2011, 135f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

_____, Leonardo Albuquerque. **Ressignificação das atividades experimentais no ensino de Física por meio do enfoque no processo de modelagem científica.** 2015. 298 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

HESS, Remi. **Momento do diário e diário dos momentos.** In: SOUZA, Elizeu Clementino de, ABRAHÃO, Maria Helena Menna Barreto (orgs.). Tempos, narrativas e ficções: a invenção de si. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.

HEWITT, P. G. **Física conceitual.** Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

HOFSTEIN, A. & LUNETTA, V. N. The Laboratory in Science Education: foundations for the Twenty-First Century. Science Education, 88:28-54, 2004.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFTO).
<<http://palmas.ifto.edu.br/index.php/cursos>>. Acessado em: 25/04/2015.

JAAKKOLA, T.; NURMI, S. **Fostering elementary school students understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities.** Journal of Computer Assisted Learning, Oxford, v. 24, n. 4, p. 271-283, Aug. 2008.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, dez. 2006.

LIMA, I. M. de; GERMANO, M. G. **Experimentos demonstrativos e ensino de física**: uma experiência na sala de aula. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/atas/listaresumos.htm>>. Acesso em: 04/03/2015.

LOIZOS, P. Vídeo, filme e fotografias como documentos de pesquisa. In: BAUER, Martin W.& GASKELL, George (orgs). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**: um manual prático. Rio de Janeiro: Vozes, 2002, p. 137-155.

LUDKE M. & ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, K. D. **Análise Vetorial em Física**. Disponível em <http://www.ebah.com.br/analise-vetorial-em-fisica-kleber-daum-machado-pdf-a21851.html>. Acesso em 26/11/2015.

MACÊDO, J. A. de. Simulações computacionais como ferramenta **auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo**: Elaboração de Um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio. Belo Horizonte: Puc Minas. 137 p. Dissertação (Mestrado). Mestrado profissionalizante em ensino de ciências e matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração e interpretação de dados**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MATHEUS, T. A. M. et al. **A resolução de situações problemáticas experimentais em Física Geral à luz da Teoria dos Campos Conceituais**. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Porto Alegre: 2005. Anais.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física**. Revista Brasileira de Ensino da Física, 24, n. 2, p. 77-86. Junho, 2002. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_77.pdf>. Acessado em: 25/03/2015.

MELO, M. G. de A. **A física no ensino fundamental**: Utilizando o jogo educativo "Viajando pelo Universo". Dissertação de Mestrado. UNIVATES. Lajeado: 2011a.

MORAN, J. M.; BEHRENS, M. A.; MASETTO, M. T. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 7. ed. Campinas: Papirus, 2003.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. **Introdução à Mecânica Quântica**: seria o caso de evitar a aprendizagem significativa (subordinada)? Trabalho apresentado no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Peniche, Portugal, 11 a 15 de setembro de 2000.

_____, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

_____, M. A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 5., Madrid. **Anais...** Madri, 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica: Eletromagnetismo. 1. ed. São Paulo, Blucher, 1997.

OLIVEIRA, P.R.S. **A Construção Social do Conhecimento no Ensino-Aprendizagem de Química**. In Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, SP, 2003.

PASTORIO, D. P.; SAUERWEIN, Ricardo Andreas. **Relato de utilização de um objeto virtual para o estudo de processos termodinâmicos**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/atas/listaresumos.htm>>. Acessado em: 26/03/2015.

PAULSON, A.; PERKINS, K.; ADAMS, W. **How does the type of guidance affect student use of an interactive simulation?**. Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res., in review, 2009. <http://phet.colorado.edu/publications/Paulson_etal_2009/Paulson_etal_2009.pdf>. Acessado em: 27/03/2015.

PAZ, A. M. da. **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, Florianópolis, 2007.

PERKINS, K; ADAMS, Wendy; DUBSON, Michael; FINKELSTEIN, Noah; REID, Sam; WIEMAN, Carl; **LEMASTER, Ron. PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics**. The Physics Teacher. Phys. Teach. 44, 18 (2006); <<http://dx.doi.org/10.1119/1.2150754>>. Acessado em: 27/03/2015.

PESSANHA, M; PIETROCOLA, Maurício. COUSO, Digna. **Obstáculos epistemológicos no estudo de modelos atômicos com o uso de simulações computacionais**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/atas/listaresumos.htm>>. Acessado em: 12/03/2015.

PINHO ALVES, J. Fo. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 302 f. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

Prefeitura de Palmas do Tocantins. <http://www.palmas.to.gov.br/conheca_palmas/>. Acesso em 12/07/2015.

PSYCHARIS, S. **The computational experiment and its effects on approach to learning and beliefs on physics.** Computers & Education. Athens, 2010. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131510002642>>. Acessado em: 26/03/2015.

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.

RONEN, M.; ELIAHU, M. **Simulation: a bridge between theory and reality: the case of electric circuits.** Journal of Computer Assisted Learning, New York, v.16, n.1, p. 14-26, Mar. 2000.

ROSA, C.W. **Concepções metodológicas no laboratório didático de física na Universidade de Passo Fundo.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 5, n. 2, p. 13-27, out. 2003.

SAAD, F.D. **O laboratório didático de física no ensino no ensino experimental: um estudo visando a viabilidade de novas abordagens.** 1983, 300 f. Tese (Doutorado) - FEUSP, São Paulo, 1983.

_____, F.D. e PIMENTEL, C.A. **Laboratório circulante de Física: uma nova dimensão para o ensino experimental.** Atas do IV SNEF, Rio de Janeiro, 1979.

SADIKU, M. N. O. Elementos de eletromagnetismo. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SANTOS, M. B. F. dos; BORGES, Martha Kaschny. **Alterações no cotidiano escolar decorrentes da implantação de laptops educacionais.** Revista E-Curriculum, São Paulo, v. 4, n. 2, jun 2009.

SANTOS, F. M. T. e Greca, I. M. **Promovendo Aprendizagem de Conceitos e de Representações Pictóricas em Química com uma Ferramenta de Simulação Computacional.** Rev. Elect. Ens. de las Ciencias, 4(1), 2005.

SANTOS, W. L. P. dos. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios.** In: *Rev. Bras. Educ. vol.12 n. 36. Rio de Janeiro Sept./Dec. 2007.*

SCHEFFER, N.F. **Sensores, Informática e o Corpo: a noção de movimento no ensino fundamental.** 2001. 242f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Rio Claro, 2001.

SCHWAHN, M. C. A. ; SILVA, J. ; MARTINS, T. L. C. **A abordagem POE (Predizer, Observar e Explicar): uma estratégia didática na formação inicial de professores de Química.** In: VI ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. Atas do VI ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.

SÉRÉ, G.; COELHO. S. M.; NUNES. A. D. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 31-43, abr, 2003.

SILVA, J. H. G. da. **A Álgebra de Clifford: uma Aplicação no conceito de força magnética**. 2010, 186f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2010.

SOUSA, J. M. de. **Objetos de aprendizagem e o ensino de conceitos de eletromagnetismo no ensino médio**. 2012, 179f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional Universidade Federal de Itajubá. Itajubá-MG. 2012.

TAKAHASHI, Yukyo Pereira. et al . **Opiniões e expectativas de estudantes do ensino médio sobre experimentos históricos na disciplina de física**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Disponível em: São Paulo, 2013. <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/atas/listaresumos.htm>>. Acessado em: 04/03/2015.

TAO, P.K., GUNSTONE, R.F. **Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer**. International Journal of Science Education. v. 21(1), pp.39-57, 1999.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.17, n.3: p.360-369, 2000.

TIPLER, P. A; **Física: Eletricidade e Magnetismo, Óptica**. 4 ed. Volume 2, Rio de Janeiro, Brasil. LTC, 2000.

_____, P. A; MOSCA, G. **Física: Eletricidade e Magnetismo, Óptica**. 6 ed. Volume 2, Rio de Janeiro, Brasil. LTC, 2006.

TRENTIN, M. A. S; PÉREZ, C. A. S; ZORTEA, T.; SCHIMDT, R. O; TAROUCO, L. M. R; CARVALHO, M. J. S. **Ambiente de Apoio a um Laboratório Virtual: uma percepção dos alunos sobre a sua importância no processo aprendizagem**. In: XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Buenos Aires, 2005. Disponível em:<http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23273/Documento_completo.pdf?sequence=1>. Acessado em: 18/04/2016.

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

ULBRICH, K. de F.; MARCH, M. L. G. de; LAWALL, Ivani T.; ROCHA, Carlos R. da. **Laboratório de Demonstração e Ensino de Física – LABDEF**. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/atas/listaresumos.htm>>. Acessado em: 12/08/2015.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na Educação. In: **Computadores e Conhecimento: repensando a educação**. São Paulo: Gráfica Central da Unicamp, 2008.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. **Modelagem computacional no ensino de Física**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005. Rio de Janeiro.

VIAMONTE, P. F. V. S. **Ensino profissionalizante e ensino médio: novas análises a partir da LDB 9394/96**. Educação em Perspectiva, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 28-57, jan./jun. 2011.

<<http://www.seer.ufv.br/seer/educacaoemperspectiva/index.php/ppgeufv/article/viewFile/67/47>>. Acessado em: 27/03/2015.

VIEIRA, R. P. **Interação: análise em programas de Educação à Distância**, 2004, 94f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

WALKER, Jearl. HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

WIEMAN, Carl E.; PERKINS, Katherine K.; ADAMS, Wendy K. **Oersted Medal Lecture 2007: Interactive simulations for teaching physics: What works, what doesn't, and why**. American Journal of Physics. Am. J. Phys. 76, 393 (2008); <<http://dx.doi.org/10.1119/1.2815365>>. Acessado em: 27/03/2015.

WURMAN, R. S. **Ansiedade de informação**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1991.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre, Brookman, 2005.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, Roger A. **Física III: Eletromagnetismo**. 12. ed. São Paulo, Pearson, 2013.

ZACHARIA, Z.; ANDERSON, O. R. **The effects of an interactive computer based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics**. American Journal of Physics, Melville, v.71, n. 6, p. 618-629, June 2003.

_____, Z.; OLYMPIOU, G.; PAPAERVIPIDOU, M. **Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature**. Journal of Research in Science Teaching, New York, v. 45, n. 9, p. 1021-1035, Nov. 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TERMO DE CONCORDÂNCIA DA DIREÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO

À senhora Diretora de Ensino do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, campus Palmas:

Eu, José Jorge Vale Rodrigues, aluno regularmente matriculado no Curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário UNIVATES de Lajeado, RS, venho solicitar a autorização para coletar dados neste estabelecimento de ensino, para a realização de minha pesquisa de Mestrado, intitulada: **“O ensino de eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética.”**, tendo como objetivo geral: Investigar como atividades experimentais e computacionais integradas influenciam as atitudes e motivações dos estudantes frente às aulas de indução eletromagnética.

A coleta de dados poderá ser feita por meio de observações, filmagens, fotografias e entrevistas aos alunos das turmas: 3º ano do curso Técnico em Eletrotécnica, 4º ano do curso Técnico em Informática, 4º ano do curso Técnico em Agronegócios e 4º ano do curso Técnico em Eventos. Desde já, agradeço a colaboração, visto que a pesquisa pode contribuir para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem da instituição, além de ser significativa para os grupos de pesquisa dos quais estou envolvido.

Pelo presente termo de concordância declaro que autorizo a realização da pesquisa e o uso de nome do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins em publicações na área da educação.

Palmas/TO, _____ de _____ de 2016.

Direção de Ensino – IFTO – Campus Palmas

José Jorge Vale Rodrigues

Mestrando em Ensino de Ciências Exatas – UNIVATES

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Fui convidado(a) de forma voluntária a consentir que meu(minha) filho(a) participe da pesquisa: **O ensino de eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética**, sob a responsabilidade do pesquisador José Jorge Vale Rodrigues e sob orientação do Professor Doutor Italo Gabriel Neide.

Os objetivos deste trabalho são: a) Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos necessários para que seja possível introduzir o tema indução eletromagnética; b) Elaborar e desenvolver atividades experimentais e computacionais de forma integrada considerando os conhecimentos prévios dos alunos; c) Analisar as possíveis contribuições das atividades desenvolvidas durante a prática pedagógica no ensino do conceito de indução eletromagnética e nas atitudes e motivações dos estudantes diante das aulas. Os demais professores, poderão utilizá-lo a fim de melhorar a qualidade do ensino de Física nesta Instituição de Ensino.

Sou livre para autorizar a participação de meu(minha) filho(a), retirar meu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A participação de meu(minha) filho(a) é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Os pesquisadores irão tratar a identidade de meu(minha) filho(a) com padrões profissionais de sigilo. Meu(minha) filho(a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. As transcrições gravadas das aulas serão guardadas em local seguro no Centro Universitário UNIVATES, sendo que estes dados serão utilizados somente para esta pesquisa. Uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será arquivada na Univates, outra ficará sob a posse dos pesquisadores (mestrando e orientador) e outra com o responsável pelo estudante participante.

O estudo não acarretará custos nem benefícios financeiros para os pesquisadores ou para os participantes.

Declaro que estou ciente dos objetivos da pesquisa, que recebi uma cópia deste

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO INICIAL

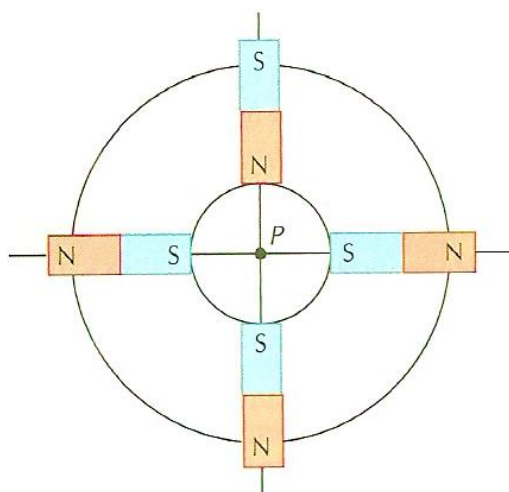
O Quadro 13 mostra o conceito físico explorado em cada questão do questionário inicial.

Quadro 13 – Conceito físico explorado em cada questão do questionário inicial.

| Conceito | Conhecimento sobre o conceito | Questão para avaliar tal conhecimento por parte dos alunos |
|--|---|---|
| Campo magnético de ímãs. | Características do vetor indução magnética. | 01 |
| Campo magnético de ímãs. | Definição das linhas de indução. | 02 |
| Campo magnético terrestre. | A orientação da agulha de uma bússola pode ser explicada como se a Terra fosse um grande ímã. | 03 |
| Força magnética em ímãs. | Fenômenos magnéticos entre ímãs. | 04 |
| Campo elétrico. | Compreensão da noção de campo elétrico e sua caracterização por meio de analogia com outro tipo de campo. | 05 |
| Corrente elétrica em fio condutor. | Definição de corrente elétrica em fio condutor. | 06 |
| Força magnética sobre carga móvel em um campo magnético. | Entendimento e aplicação do conceito de força magnética sobre carga móvel em um campo magnético. | 07 |
| Força magnética sobre um condutor reto em um campo magnético uniforme. | Um condutor percorrido por corrente elétrica e imerso em um campo magnético fica sob a ação de força magnética. | 08 |

Fonte: O autor, 2015.

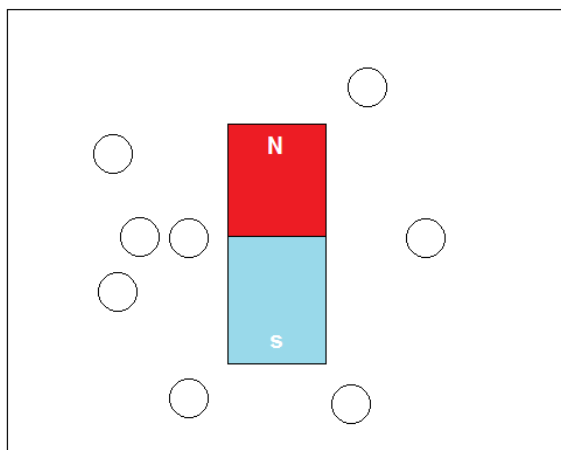
01) Quatro ímãs iguais em forma de barra, com as polaridades indicadas, estão apoiados sobre uma mesa horizontal, de acordo com a figura, visto de cima.



Uma pequena bússola é também colocada na mesa, no ponto central P, equidistante dos ímãs, indicando a direção e o sentido do campo magnético dos ímãs em P. Desconsiderando o campo magnético da Terra, desenhe uma figura que represente a orientação correta da agulha da bússola.

Fonte: JUNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antônio de. Os fundamentos da física. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009. Adaptada.

02) Você também pode observar o efeito magnético do ímã no espaço ao seu redor com a ajuda de uma pequena bússola e um ímã em forma de barra. Se distribuirmos bússolas ao redor deste ímã, observaremos que a direção assumida pela agulha das bússolas é diferente em cada ponto. Desta forma, observe a figura e considere cada círculo uma bússola em volta de um ímã em forma de barra. Desenhe no interior de cada círculo uma seta que represente a direção da agulha da bússola naquele ponto em que foi colocada em relação ao ímã.



Fonte: PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata de; ROMERO, Talita Raquel. Física em Contextos. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010. Adaptada.

03) O que você entende por campo magnético? Quais as evidências da existência do campo magnético terrestre (descreva o funcionamento da bússola e o comportamento de alguns animais sensíveis a esse campo)?

Fonte: O autor, 2015.

04) Quando colocamos dois ímãs próximos um do outro, observamos a existência de forças com determinadas características (atração ou repulsão). Ímãs com diferentes orientações experimentam diferentes arranjos de forças, desse modo identifique por flechas quais as forças magnéticas que agem em cada par de ímãs na figura.



Fonte: O autor, 2015.

05) Para que se possa compreender melhor a definição de campo elétrico, pode ser feita uma comparação com o conceito de campo gravitacional estudado anteriormente em Gravitação Universal. Mesmo sem poder ver nem tocar esse campo, pode-se inferir sua existência utilizando um corpo de prova. Assim, descreva a analogia existente entre o campo elétrico e o campo gravitacional.

Fonte: O autor, 2015.

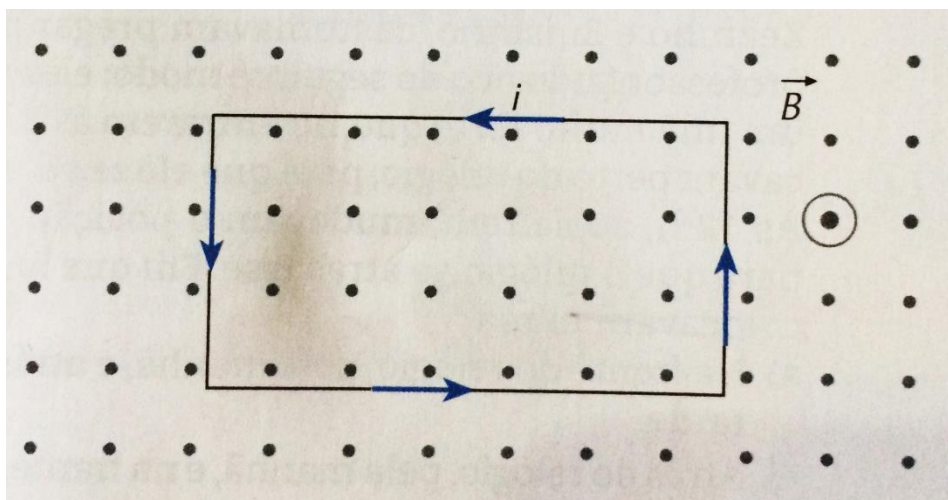
06) Ao acionar um interruptor de uma lâmpada elétrica, esta se acende quase instantaneamente, embora possa estar a centenas de metros de distância. Explique porque tal fenômeno ocorre.

Fonte: JUNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antônio de. Os fundamentos da física. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009. Adaptada.

07) Uma aplicação importante da força magnética, que atua em uma carga elétrica em movimento, é encontrada no funcionamento do tubo de imagens de um aparelho de TV de tubo. Explique como se forma a imagem nesse tubo de TV?

Fonte: LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. Física contexto & aplicações: ensino médio. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2014. Adaptada.

08) Uma espira retangular é colocada em um campo magnético com o plano da espira perpendicular à direção do campo, conforme mostra a figura.



Se a corrente elétrica flui no sentido mostrado, pode-se afirmar em relação à resultante das forças, e ao torque total em relação ao centro da espira, que:

Fonte: JUNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antônio de. Os fundamentos da física. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009. Adaptada.

APÊNDICE D – Assunto 1 (Guia POE 1)

Conteúdo: Experiência de Oersted

Objetivos:

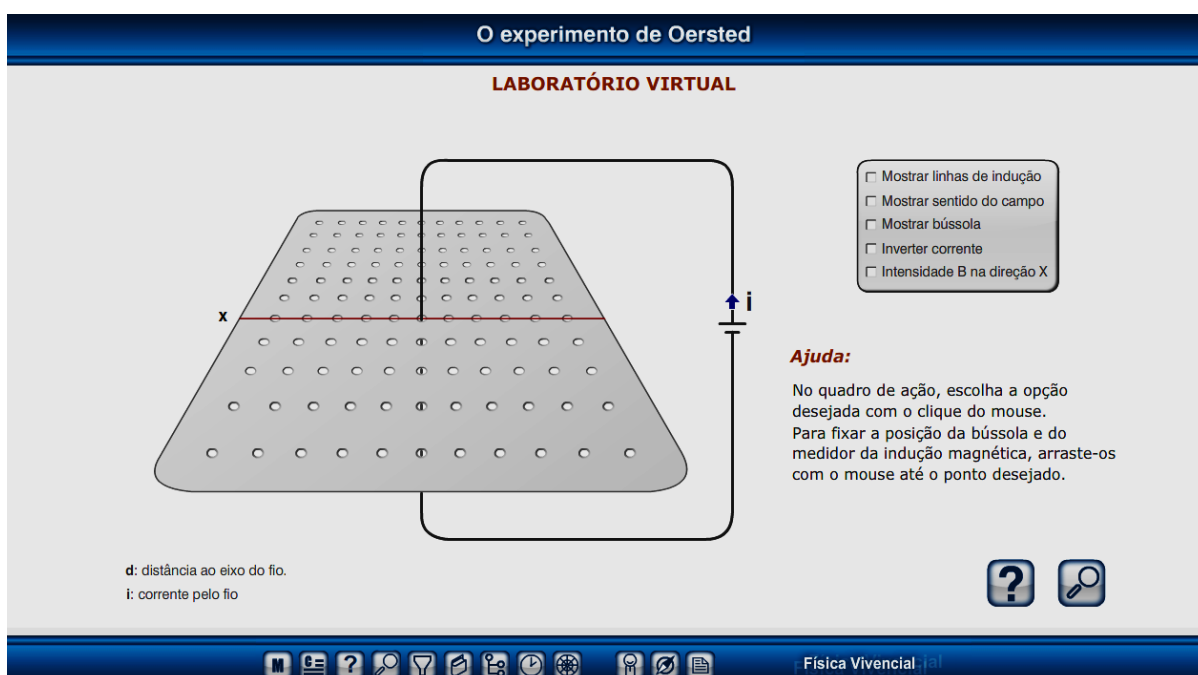
- Explorar a relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos;
- Descrever o aspecto das linhas de campo magnético produzidas por um condutor reto percorrido por corrente elétrica;
- Caracterizar o vetor indução magnética gerado por um condutor reto percorrido por corrente elétrica (direção e sentido);
- Compreender as relações que envolvem as grandezas da Lei de Biot-Savart (intensidade do vetor indução magnética).

Atividade computacional: simulação.

Procedimento para a simulação computacional (o pesquisador auxiliará cada grupo a se familiarizar com software):

1. Abrir o *software* “O Experimento de Oersted” de acordo com a Figura 52. Na Figura 52 mostra-se a aparência do Software “O Experimento de Oersted / Física Vivencial”.

Figura 52 – Aparência do Software O Experimento de Oersted / Física Vivencial



Fonte: <http://www.fisicavivencial.pro.br/> (2015)

Questões:

a) O que acontece com a agulha da bússola se ela for aproximada do fio condutor percorrido por corrente elétrica? Explique a causa de tal fenômeno. **Vá ao software “O Experimento de Oersted”, marque a opção “mostrar bússola”, explore a simulação e responda a pergunta novamente.** (Na simulação não se considera o campo magnético da Terra).

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

b) Qual o aspecto e a posição (em relação ao condutor) das linhas de campo magnético produzidas pelo condutor reto percorrido por corrente elétrica? **Vá ao software “O Experimento de Oersted”, marque a opção “mostrar linhas de indução”, explore a simulação e responda a pergunta novamente.**

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

c) Qual a direção e o sentido do vetor indução magnética gerado por um condutor reto percorrido por corrente elétrica? **Vá ao software “Experimento de Oersted”, marque as opções “mostrar linhas de indução”, “mostrar sentido do campo”, explore a simulação e responda a pergunta novamente.**

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

d) No *software* “Experimento de Oersted”, **marque a opção “Intensidade B na direção X”,** movimente o medidor “Indução magnética” próximo ao fio condutor e explique as relações de proporção que envolvem as grandezas (campo, corrente e distância) de acordo com a Lei de Biot-Savart.

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

Atividade experimental

Observação: Antes de executar o experimento responda as questões procurando dizer antecipadamente o que ocorrerá em cada situação, faça suas anotações. Em seguida, execute o experimento procurando explicar as diferenças (caso existam) entre o que você observou e o que você previu, faça suas anotações.

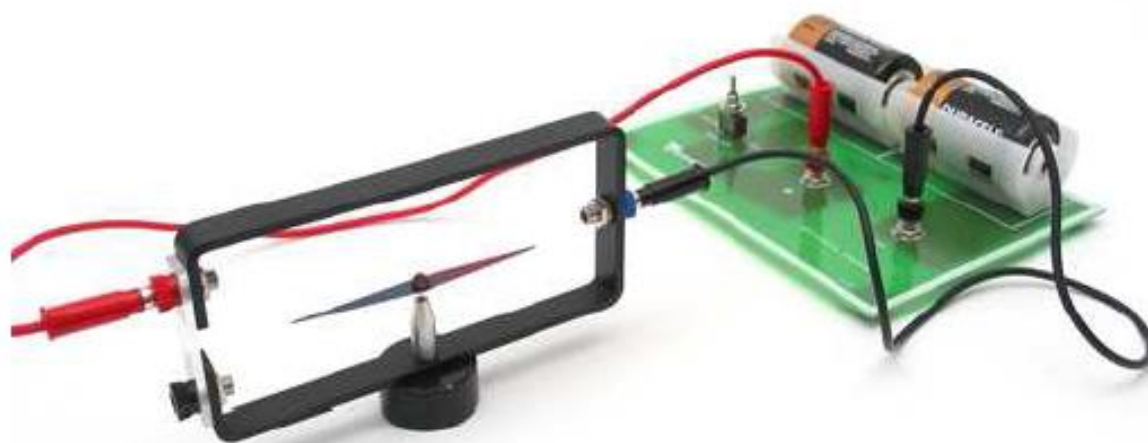
Materiais:

- 01 montagem Oersted com 3 bornes;
- 01 par de cabos de ligação de 0,5 m banana/banana;
- 01 circuito-fonte DC 17x13 cm com: 02 soquetes para uma pilha; 02 bornes para ligação; 01 chave de 3 posições;
- 02 pilhas grandes;
- 01 agulha magnética.

Procedimento para o experimento real (o pesquisador auxiliará cada grupo na montagem de seu equipamento):

1. Montar o equipamento conforme a Figura 53. Na Figura 53 tem-se o aspecto final do experimento montado. (manter o circuito aberto).

Figura 53 – Aspecto final do experimento de Oersted (montado).



Fonte: <http://azeheb.com.br/> (2015)

2. Colocar os cabos de ligação de tal modo que, a corrente elétrica, passe pelo lado de cima da agulha magnética. (manter o circuito aberto).
3. Girar o conjunto até que a agulha da bússola fique paralela ao condutor. (manter o circuito aberto). **(Observe que no experimento real o campo magnético da Terra é considerado, diferente do que foi feito na simulação).**

4) Ligar a fonte DC e identificar o sentido da corrente elétrica pela posição dos cabos de ligação no circuito-fonte DC.

Questões:

a) Descrever o comportamento da agulha da bússola no momento em que o circuito foi fechado. O que aconteceu?

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

b) Aplicar a regra da mão direita para identificar e descrever o sentido do campo magnético em torno do condutor. (manter o circuito fechado).

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

c) Abrir o circuito e inverter o sentido da corrente elétrica, depois fechar o circuito e observar o comportamento da agulha da bússola. O que aconteceu?.

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

d) Mudar a posição de um cabo de ligação e fazer a corrente elétrica passar pelo lado de baixo da agulha da bússola. O que aconteceu? (manter o circuito fechado).

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

e) Aplicar a regra da mão direita e identificar o sentido do campo magnético. O que houve com a agulha da bússola? (manter o circuito fechado).

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

APÊNDICE E – Assunto 2 (Guia POE 2)

Conteúdo: Campo magnético no interior de solenóides.

Objetivos:

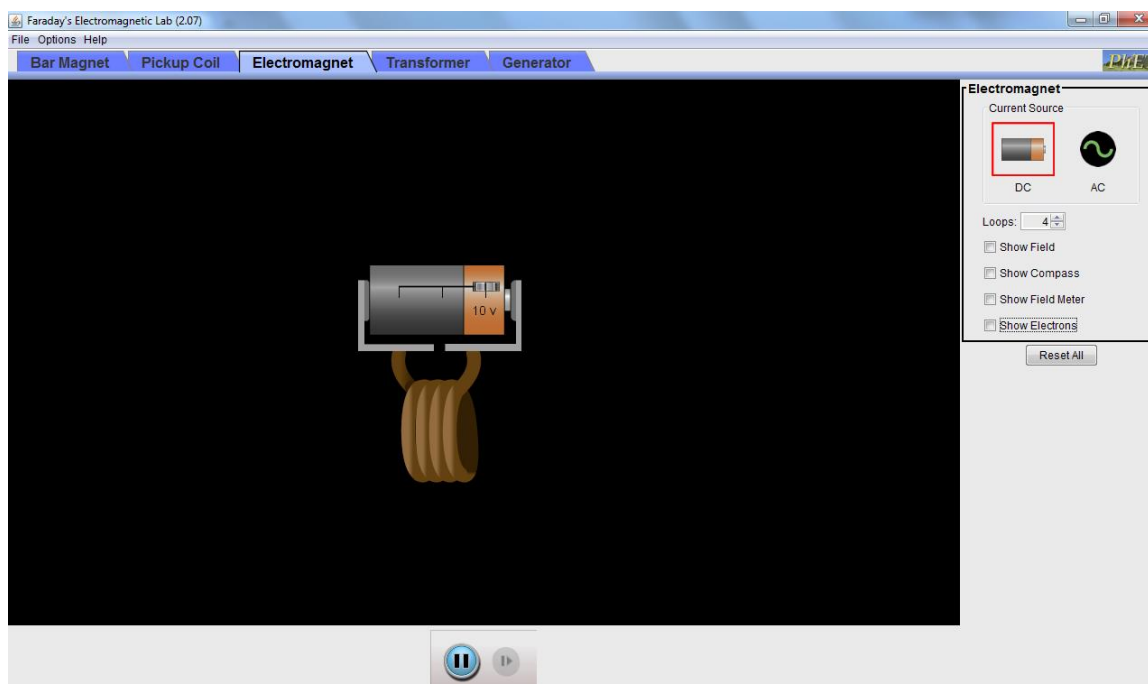
- Verificar a relação do campo magnético do solenóide com suas fontes de alimentação (AC ou DC);
- Observar a aparência das linhas de campo formadas pelo solenoide;
- Caracterizar o vetor indução magnética no interior de um solenoide percorrido por corrente elétrica (direção; sentido).
- Analisar a relação que existe entre a intensidade do campo magnético do solenóide e a quantidade de suas espiras;
- Compreender as relações que envolvem as grandezas da aplicação da Lei de Ampère para a medida da intensidade do vetor indução magnética em um solenoide.

Atividade computacional: simulação.

Procedimento para a simulação computacional (o pesquisador auxiliará cada grupo na operação do software):

1. Abrir o software *Faraday's Electromagnetic Lab* de acordo com a Figura 54. Na Figura 54 apresenta-se o Layout do Software *Faraday's Electromagnetic Lab*.

Figura 54 – Layout do Software *Faraday's Electromagnetic Lab*.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/ (2015)

Questões:

a) Qual o comportamento do campo magnético do solenoide percorrido por corrente elétrica sob a influência de diferentes fontes de alimentação (AC ou DC)? **Marque tais opções no campo “Current Source” e descreva suas observações.** (A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação).

Previsão:

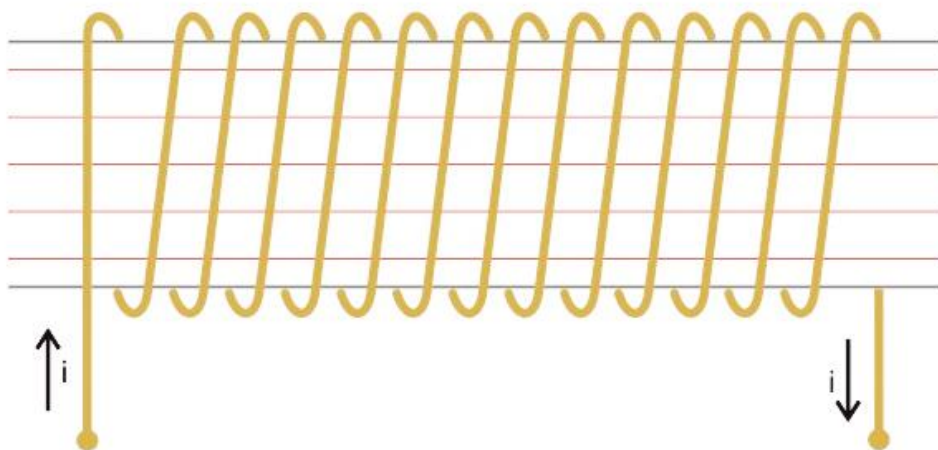
Explicação após observações feitas no *software*:

b) Observe o aspecto do solenoide percorrido por corrente elétrica representado no *software* “*Faraday’s Electromagnetic Lab*”. Como seria o aspecto das linhas de campo produzidas por ele? Represente com um desenho. **Em seguida marque a opção “Show Field” no campo “Electromagnet” e faça uma nova representação.**

Desenho previsto:

Desenho após observações feitas no *software*:

c) Qual a direção e o sentido (use a regra da mão direita) do vetor indução magnética no interior do solenoide percorrido por corrente elétrica representado na figura? **Após fazer suas considerações, vá ao *software* “Faraday’s Electromagnetic Lab” marque as opções: “Show Electrons”, “Show Field” e “Show Compass”, observe o que aconteceu e responda a pergunta acima novamente.** (Lembre-se que elétrons não são bolinhas e também não se movimentam tão rapidamente como mostra a simulação).



Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

d) O que acontece com a intensidade do campo magnético do solenóide se você variar a quantidade de suas espiras? Qual a diferença da intensidade do campo magnético no interior e na parte externa do solenoide? **Após fazer suas considerações vá ao *software* “Faraday’s Electromagnetic Lab”, varie o número no campo “Loops”, explore também o medidor de intensidade marcando a opção “Show Field Meter” e responda a pergunta acima novamente.**

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

Atividade experimental

Observação: Antes de executar o experimento responda as questões procurando dizer antecipadamente o que ocorrerá em cada situação, faça suas anotações. Em seguida, execute o experimento procurando explicar as diferenças (caso existam) entre o que você observou e o que você previu, faça suas anotações.

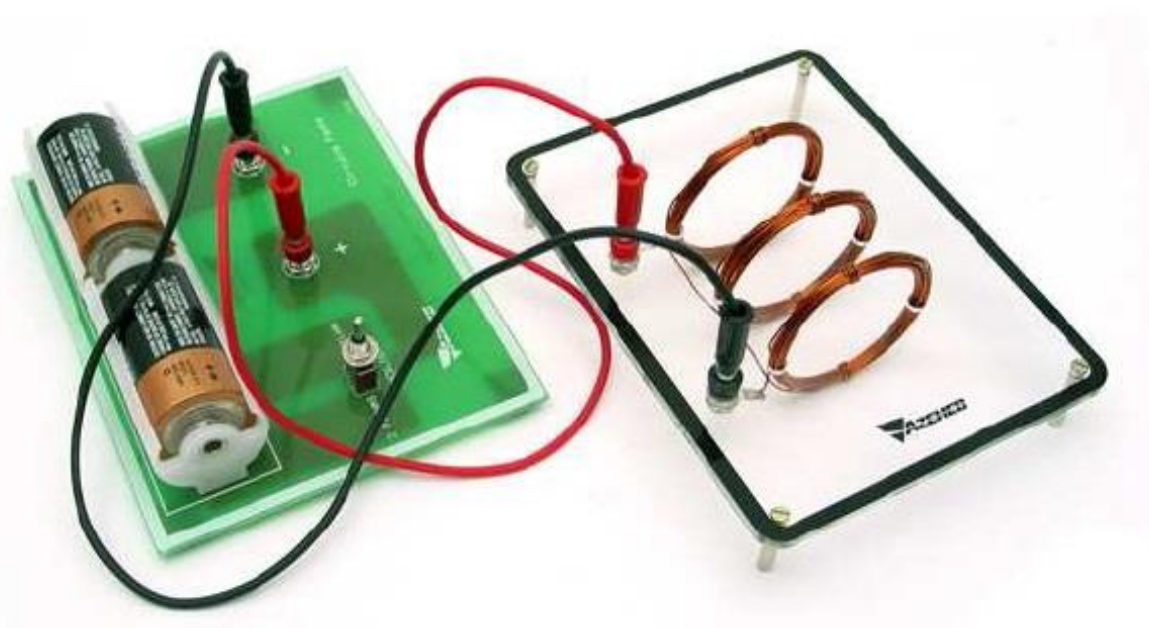
Materiais:

- 01 par de cabos de ligação de 0,5m banana/banana;
- 01 circuito-fonte DC 17x13 cm com: 02 soquetes para uma pilha; 02 bornes para ligação; 01 chave de 3 posições;
- 02 pilhas grandes;
- 01 solenóide de 03 bobinas de 22 espiras em base de acrílico;
- 01 bússola.

Procedimento para o experimento real (o pesquisador auxiliará cada grupo na montagem de seu equipamento):

1. Montar o equipamento conforme a Figura 55. Na Figura 55 apresenta-se o aspecto final do experimento montado.

Figura 55 – Aspecto final do experimento do solenoide (montado)



Fonte: <http://azeheb.com.br/> (2015)

2. Colocar a bússola no interior da bobina. (manter o circuito aberto).
3. Girar a placa de acrílico até que a bússola fique paralela com a bobina. (manter o circuito aberto).
4. Com dois cabos ligar a fonte de tensão DC 1,5V aos bornes da bobina. (ligar o circuito).
5. Descreva o sentido da corrente que você escolheu para atravessar o solenoide ao ligar o circuito.

Questões:

a) Qual o sentido do campo magnético formado no interior do solenoide?

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

b) Desligue a fonte de tensão DC, inverta o sentido da corrente, ligue a fonte de tensão DC e observe o comportamento da bússola. O que aconteceu? Justifique.

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

APÊNDICE F – Assunto 3 (Guia POE 3)

Conteúdo: Indução eletromagnética.

Objetivos:

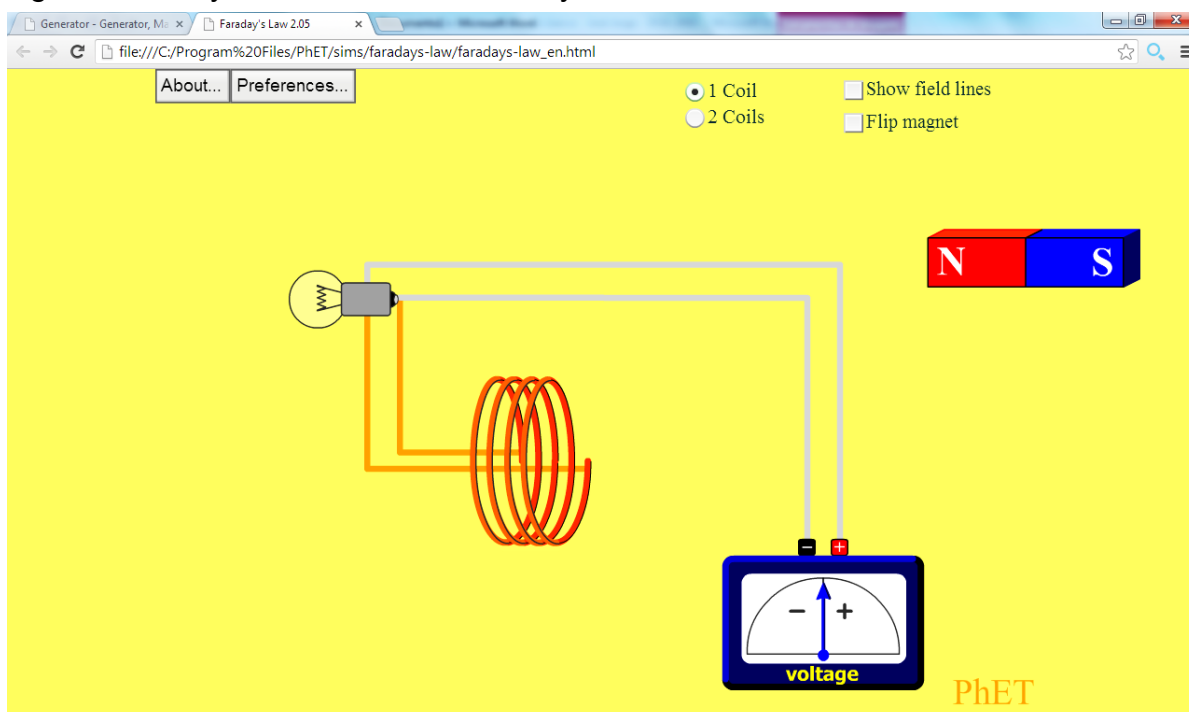
- Perceber que temos fem induzida numa espira apenas quando varia o número de linhas de indução que atravessam sua superfície;
- Compreender a definição de fluxo magnético;
- Compreender o fenômeno da indução eletromagnética;
- Verificar as diferentes maneiras de se variar o fluxo magnético;
- Determinar o sentido da corrente induzida (Enunciar a lei de Lenz).

Atividade computacional: simulação.

Procedimento para a simulação computacional - Indução Eletromagnética (o pesquisador auxiliará cada grupo na operação do software):

1. Abrir o software Software Faraday's Law de acordo com a Figura 56. Na Figura 56 apresenta-se o Layout do Software Faraday's Law.

Figura 56 – Layout do Software Faraday's Law



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/ (2015)

Questões:

a) Qual a relação da fem induzida numa espira e o número de linhas de indução que atravessam sua superfície? Explique. **Vá ao software *Faraday's Law*, marque a opção “2 Coils”, movimente o ímã no interior dos dois conjuntos de espiras e responda a pergunta acima novamente.** (A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação).

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

b) Qual a diferença em se movimentar um ímã próximo à parte externa do conjunto de espiras e depois em seu interior? **Vá ao software *Faraday's Law*, marque as opção “1 Coils” e “Show field lines”, movimente o ímã próximo à parte externa ao conjunto de espiras, depois em seu interior e então responda a pergunta acima novamente.**

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

c) O que você entende por indução eletromagnética? Explique. **Vá ao software *Faraday's Law*, marque as opção “1 Coils” e “Show field lines”, movimente o ímã no interior do conjunto de espiras e então responda a pergunta acima novamente considerando o brilho da lâmpada e o movimento do ponteiro do voltímetro.**

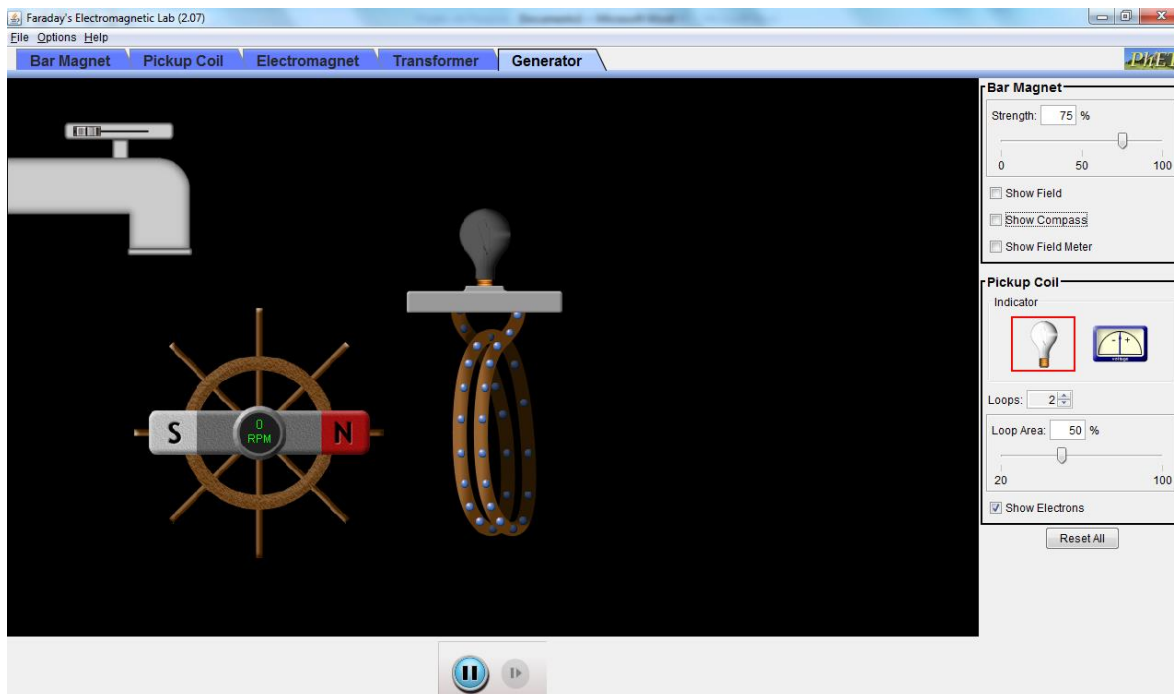
Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

Procedimento para a simulação computacional - Gerador de energia elétrica (o pesquisador auxiliará cada grupo na operação do software):

1. Abrir o software *Faraday's Electromagnetic Lab* de acordo com a Figura 57. Na Figura 57 apresenta-se o Layout do Software Faraday's Law.

Figura 57 – Layout do Software Faraday's Electromagnetic Lab / Generator



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/ (2015)

Questões:

a) Quais são as diferentes maneiras de se variar o fluxo magnético em uma bobina chata? Justifique. **Agora explore essas variações utilizando o Software Faraday's Electromagnetic Lab na guia Generator alterando o nível de queda d'água da torneira e modificando as opções dos campos "Bar Magnet" e "Pickup Coil", em seguida responda a pergunta acima novamente.** (Lembre-se que elétrons não são bolinhas e também não se movimentam tão rapidamente como mostra a simulação. A simulação contribui para que você identifique o sentido da corrente e visualize melhor a ideia de corrente alternada).

Previsão:

Explicação após observações feitas no software:

b) Considere como circuito induzido uma espira ligada a um amperímetro de zero central. Quais os polos que surgem na face da espira quando se aproxima e depois quando se afasta o polo norte de um ímã de modo perpendicular a ela? Qual é o

sentido da corrente induzida na espira em relação a um observador posto atrás do polo sul do ímã? **Agora explore o *Software Faraday's Electromagnetic Lab* na guia *Generator* marcando a opção “*Show Field*” no campo “*Bar Magnet*”, alterando o nível de queda d'água da torneira e observando o movimento do ímã dos “*Elétrons*” nas espiras. Em seguida explore o *software “Faraday”* marcando as opções “*Mostra campo do ímã*” e “*Mostra campo induzido*”, movimente o ímã próximo das espiras e finalmente responda as perguntas acima novamente.** (A autoindução na bobina existe na realidade, mas é desconsiderada na simulação).

Previsão:

Explicação após observações feitas no *software*:

Atividade experimental

Observação: Antes de executar o experimento responda as questões procurando dizer antecipadamente o que ocorrerá em cada situação, faça suas anotações. Em seguida, execute o experimento procurando explicar as diferenças (caso existam) entre o que você observou e o que você previu, faça suas anotações.

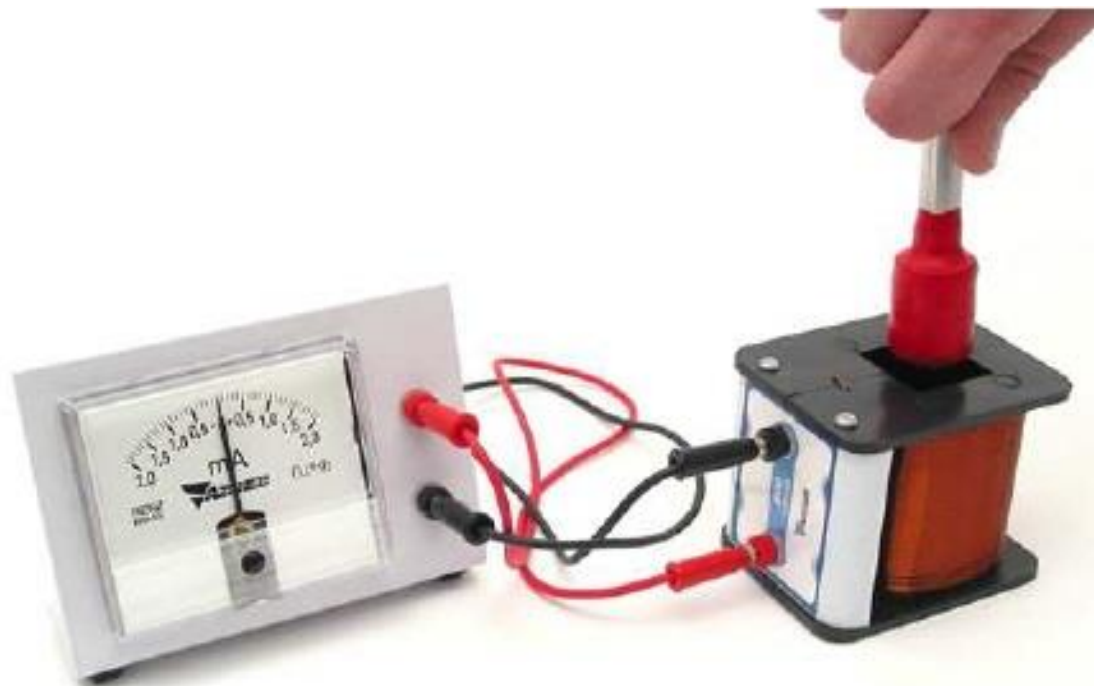
Materiais:

- 01 bússola didática (suporte para bússola didática + 01 agulha magnética)
- 01 bobina conjugada de 200-400-600 espiras;
- 01 ímã cilíndrico emborrachado com cabo;
- 01 galvanômetro didático -2 mA à $+2\text{mA}$;
- 01 par de cabos de ligação de 0,5m banana/banana.

Procedimento para o experimento real (o pesquisador auxiliará cada grupo na montagem de seu equipamento):

1. Montar o equipamento conforme Figura 58. Na Figura 58 apresenta-se o aspecto final do experimento montado.

Figura 58 – Aspecto final do experimento de indução eletromagnética (montado)



Fonte: <http://azeheb.com.br/> (2015)

2. Ligar o galvanômetro na bobina de 200 espiras.
3. Identificar o polo (N ou S) na extremidade do imã com cabo usando a bússola.

Questões:

- a) Movimente o imã colocando-o no interior da bobina. O que aconteceu com o ponteiro do galvanômetro? Explique.

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

- b) Qual o sentido da corrente induzida na bobina? Qual o sentido do campo magnético na parte externa da bobina? Explique.

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

- c) Identificar os pólos magnéticos induzidos que se formaram na bobina.

d) Movimentar o ímã retirando-o do interior da bobina. O que aconteceu com o ponteiro do galvanômetro em relação ao item (a) ?

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

e) O que aconteceu com o sentido da corrente induzida em relação ao item (b) ?

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

f) Para produzir um polo norte induzido sobre a face da espira voltada para o ímã, devemos aproximar ou afastar o ímã?

Previsão:

Explicação após observações feitas no experimento:

APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO FINAL

Parte 1 (Identificação)

Idade atual: _____

Gênero: Masculino Feminino

Reside: Palmas Interior:

Possui computador pessoal em casa: Sim Não

Possui notebook: Sim Não

Possui acesso a internet em casa: Sim Não

Parte 2 (atividades computacionais integradas com atividades experimentais)

01. Você gostou de trabalhar com atividades computacionais integradas com atividades experimentais:

Sim Não

Por quê?

02. Você considera as atividades computacionais integradas com as atividades experimentais importantes para a aprendizagem de Física:

Sim Não

Por quê?

03. Você acredita que o uso das atividades computacionais integradas com atividades experimentais contribuiu na aprendizagem do conceito de Indução Eletromagnética? Justifique.

04. Você gostaria de trabalhar atividades experimentais integradas a atividades computacionais com outros conteúdos de Física ou com outras disciplinas? Justifique.

05. Quais as dificuldades que você encontrou no desenvolvimento das atividades propostas?

06. Qual forma de experimentação (virtual ou real) você valoriza mais?

07. À qual experimento (virtual ou real) você recorre primeiramente quando tem uma dúvida sobre o conteúdo? Porquê?