

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



FERNANDO COLOMBY PIEPER

UM ESTUDO DE CASO SOBRE A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE
ELETROMAGNETISMO: A INFLUÊNCIA DA HIPERCULTURA E
MEDIÇÃO DIGITAL.

Canoas, 2014

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



FERNANDO COLOMBY PIEPER

UM ESTUDO DE CASO SOBRE A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS
DE ELETROMAGNETISMO: A INFLUÊNCIA DA HIPERCULTURA E
MEDIAÇÃO DIGITAL.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

AGOSTINHO SERRANO DE ANDRADE NETO

Canoas, 2014

Dedicatória:

A minha linda e amada esposa, Jordana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela motivação, inspiração e pelas oportunidades que me foram dadas na vida, não só por ter conhecido pessoas e lugares interessantes, mas também por ter vivido fazes difíceis, que foram matérias primas de aprendizado.

A minha esposa por ser sempre gentil, pelas palavras de sabedoria e pelos incontáveis momentos de ânimo.

Ao meu orientador, Agostinho Serrano de Andrade Neto, que com sabedoria e competência me ajudou a concluir este trabalho.

Também um sincero obrigado a todos os professores e colegas do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da ULBRA, que me acolheram e acreditaram no meu potencial.

E a todos os que fizeram parte diretamente ou indiretamente da minha trajetória.

Muito obrigado !

“Tudo me é permitido, mas nem tudo convém.”

(1 Coríntios 6.12a)

RESUMO

O estudo com relação à aprendizagem de conceitos de Física, envolvendo tecnologias, tem sido tema de pesquisas atuais na área de Ensino de Ciências e Matemática. O presente trabalho busca trazer evidências do impacto destas tecnologias de informação e comunicação em termos das mudanças conceituais resultantes de seu uso, no âmbito do ensino de Eletromagnetismo, tópico pouco investigado dentro da temática de utilização das TIC no aprendizado de conceitos científicos. Para esse fim trabalhamos sob a luz de uma teoria cognitiva baseada na ideia de que a inteligência humana não resulta apenas do funcionamento cerebral, mas também da complementação desse funcionamento pelo processamento auxiliar realizado por estruturas externas ao indivíduo, a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC). O foco da investigação é a compreensão, por parte dos alunos, da lei de Faraday e da lei de Lenz. O grupo observado foi submetido a uma intervenção com a utilização de simuladores computacionais utilizando a técnica instrucional P.O.E (Predizer-Observar-Explicar). Os resultados são indicativos de uma possível aprendizagem por meio da aquisição de *drivers* e apontam para uma mudança conceitual através da utilização de simuladores, como mediadores. Porém esta não foi a única forma de mediação para a evolução conceitual estudada.

Palavras-chave: Simulações Computacionais, Teoria da Mediação Cognitiva, Hipercultura, lei de Faraday, Indução Eletromagnética.

ABSTRACT

The study regarding the learning of physics concepts involving technology, has been the subject of current research in Mathematics and Science Teaching. This paper seeks to bring evidence of the impact of information and communication technologies in terms of conceptual changes that result from its use within the teaching of electromagnetism, poorly researched topic within the theme of ICT in learning of scientific concepts. To this end we work under the light of a cognitive theory based on the idea that human intelligence does not results only of brain function, but also the completion of this operation the auxiliary processing done by external structures to the individual, the Theory of Cognitive Mediation (TCM). The focus of research is the understanding, by students, of Faraday's law and Lenz's law. The observed group was subjected to an intervention with the use of computational simulations using instructional technique POE (Predict-Observe-Explain). The results are indicative of a possible learning through the acquisition of drivers and point to a conceptual change through the use of simulators as mediators. But this was not the only form of mediation to the conceptual evolution studied.

Keywords: Computer Simulations, Theory of Cognitive Mediation, Hyperculture, Faraday's law, Electromagnetic induction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – PROCESSAMENTO COGNITIVO POR MEDIAÇÃO COM ESTRUTURAS DO AMBIENTE	27
FIGURA 2 – MAPA CONCEITUAL DA TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA.....	35
FIGURA 3 – TELA DO SIMULADOR “FALLINGMAGNET”.....	49
FIGURA 4 – PARÂMETROS DO SIMULADOR I (“FALLINGMAGNET”).....	50
FIGURA 5 - GRÁFICO DA CORRENTE INDUZIDA NO ANEL NA ATIVIDADE 1 DO ROTEIRO I.....	51
FIGURA 6 - GRÁFICO DA CORRENTE INDUZIDA NO ANEL NA ATIVIDADE 2 DO ROTEIRO I.....	52
FIGURA 7 - GRÁFICO DA CORRENTE INDUZIDA NO ANEL NA ATIVIDADE 3 DO ROTEIRO I.....	52
FIGURA 8 - GRÁFICO DA CORRENTE INDUZIDA NO ANEL NA ATIVIDADE 4 DO ROTEIRO I.....	53
FIGURA 9 - GRÁFICO DA CORRENTE INDUZIDA NO ANEL NA ATIVIDADE 5 DO ROTEIRO I.....	53
FIGURA 10 - TELA DO SIMULADOR “FARADAYSLAW”.....	54
FIGURA 11 – PARÂMETROS DO SIMULADOR II (“FARADAYSLAW”).....	55
FIGURA 12 - GRÁFICO DA CORRENTE INDUZIDA NO ANEL NA ATIVIDADE 1 DO ROTEIRO II....	56
FIGURA 13 - GRÁFICO DA CORRENTE INDUZIDA NO ANEL NA ATIVIDADE 2 DO ROTEIRO II....	57
FIGURA 14 – QUESTÕES ANALISADAS REFERENTES AO CONCEITO I.....	60
FIGURA 15 – QUESTÕES ANALISADAS REFERENTES AO CONCEITO II.....	61
FIGURA 16 – QUESTÕES ANALISADAS REFERENTES AO CONCEITO III.....	61
FIGURA 17 – QUESTÕES ANALISADAS REFERENTES AO CONCEITO IV.....	62
FIGURA 18 – QUESTÕES ANALISADAS REFERENTES AO CONCEITO V.....	62
FIGURA 19 – QUESTÕES ANALISADAS REFERENTES AO CONCEITO VI.....	63
FIGURA 20 – GRÁFICO REFERENTE À EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO ESTUDANTE ‘A’.....	66
FIGURA 21 – GRÁFICO REFERENTE À EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO ESTUDANTE ‘B’.....	67
FIGURA 22 - GRÁFICO REFERENTE À EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO ESTUDANTE ‘C’.....	68
FIGURA 23 - GRÁFICO REFERENTE À EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO ESTUDANTE ‘D’.....	68
FIGURA 24 – GRÁFICO REFERENTE À EVOLUÇÃO CONCEITUAL DO ESTUDANTE ‘E’.....	69
FIGURA 25 – GRÁFICO DAS MÉDIAS ENTRE AS CATEGORIAS DE COMPREENSÃO DOS ESTUDANTES.....	70
FIGURA 26 – DESENHO APRESENTADO PELO ESTUDANTE ‘C’ PARA EXPLICAR A QUESTÃO 6 NO PÓS-TESTE.....	76
FIGURA 27 - DESENHO APRESENTADO PELO ESTUDANTE ‘D’ PARA EXPLICAR A QUESTÃO 6 NO PRÉ-TESTE.....	77

FIGURA 28 - DESENHO APRESENTADO PELO ESTUDANTE 'D' PARA EXPLICAR A QUESTÃO 6 NO PÓS-TESTE.....	78
FIGURA 29 - DESENHO APRESENTADO PELO ESTUDANTE 'E' PARA EXPLICAR A QUESTÃO 6 NO PÓS-TESTE.....	79
FIGURA 30 – SIMULADOR DA LEI DE FARADAY.	82
FIGURA 31 – SIMULADOR DA LEI DE FARADAY	83

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – A EVOLUÇÃO DAS FORMAS DE MEDIAÇÃO COGNITIVA	24
TABELA 2 - CATEGORIAS DE COMPREENSÃO DOS ESTUDANTES ANTES DA INTERVENÇÃO DO SOFTWARE.	64
TABELA 3 - CATEGORIAS DE COMPREENSÃO DOS ESTUDANTES DEPOIS DA INTERVENÇÃO DO SOFTWARE.	65
TABELA 4 – ANÁLISE <i>T-STUDENT</i> DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO ANTES E DEPOIS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL, PARA CADA ESTUDANTE.	71
TABELA 5 – ANÁLISE <i>T-STUDENT</i> DA MÉDIA DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO ENVOLVENDO TODOS OS ESTUDANTES ANTES E DEPOIS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.	73

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – LEI DE FARADAY-LENZ	42
---------------------------------------	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
1.1 A TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA EM REDE – TMC	20
1.1.1 ERA DIGITAL E A HIPERCULTURA.....	20
1.1.2 TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA EM REDE	22
1.1.3 OS “DRIVERS”	27
1.1.4 O DIÁLOGO COM VYGOTSKY.....	29
1.1.5 AS CONTRIBUIÇÕES DAS TEORIAS DE VERGNAUD E PIAGET	31
1.1.6 AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA TRIÁRQUICA DA INTELIGÊNCIA DE STENBERG.....	32
1.1.7 MAPA CONCEITUAL DA TMC.....	35
1.1.8 ALGUNS EXEMPLOS DE APLICABILIDADE DA TMC	36
2 MÉTODO, MATERIAIS E INSTRUMENTOS.....	39
2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PESQUISA	39
2.2 TRAJETÓRIA.....	39
2.3 PRODUÇÃO DE DADOS	41
2.4 DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS	42
2.5 DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DOS DADOS.....	44
2.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	45
2.7 IMPORTÂNCIA DO TESTE PILOTO.....	46
2.8 PRÉ-TESTE	47
2.9 ROTEIRO DE ATIVIDADES I.....	48
2.10 ATIVIDADES DO ROTEIRO I	51
2.11 ROTEIRO DE ATIVIDADES II.....	54
2.12 ATIVIDADES DO ROTEIRO II	56
2.13 PÓS-TESTES	57
2.14 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	58

3	RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	59
3.1	QUESTÕES ANALISADAS.....	60
3.2	ANALISE DOS DADOS.....	63
3.2.1	ESTUDO QUANTITATIVO.....	64
3.2.2	ESTUDO QUALITATIVO.....	73
3.3	RESULTADOS.....	80
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	APÊNDICES.....	91
	APÊNDICE A.....	91
	APÊNDICE B.....	94
	APÊNDICE C.....	98
	QUEDA DE UM ÍMÃ SOBRE UM ANEL NÃO MAGNÉTICO.....	98
	APÊNDICE D.....	108
	MOVIMENTO DE UM ÍMÃ COM RELAÇÃO A UM ANEL NÃO MAGNÉTICO.....	108
	APÊNDICE E.....	115

INTRODUÇÃO

O estudo com relação à aprendizagem de conceitos de Física tem sido tema de pesquisa atual na área de Ensino de Ciências e Matemática. Alguns autores tem se proposto a estudar estratégias que visam melhorar a relação de ensino-aprendizagem destes conceitos físicos (VITAL e GUERRA; BRUSCATO e MORS; MASSONI; RODRIGUES, SAUERWEIN e SAUERWEIN, 2014).

Esquembre (2002) verificou que, dentre inúmeros resultados positivos, algumas pesquisas também têm indicado que muitas vezes é comum um sentimento de fracasso e desinteresse por parte de muitos estudantes em relação à Física.

Reis e Andrade Neto (2004, p. 13) destacaram fatores que podem ser atribuídos a este desinteresse em relação à aprendizagem da física como vemos:

O não reconhecimento por parte da sociedade científica e do público em geral da física como disciplina vital (ESQUEMBRE, 2002); a alta dose de abstração necessária à compreensão dos conceitos com que a física lida, fazendo com que a matemática seja uma ferramenta essencial (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002); os diferentes modelos utilizados pelos estudantes no estudo da física (GRECA e MOREIRA, 1998); a forma como estes modelos são utilizados na física, geralmente muito distante do mundo real (PIETROCOLA, 2001) e, por último a necessidade de mudanças curriculares tanto no ensino médio, quanto superior (MOREIRA, 2000).

Ainda temos Monteiro *et al.* (2010) que, com relação aos obstáculos enfrentados por alunos e professores no entendimento de conceitos de eletromagnetismo, atribui ao caráter abstrato destes e às dificuldades inerentes da representação vetorial destes conceitos.

Visando auxiliar o entendimento por parte dos alunos de assuntos relacionados à Física, o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) tem sido cada vez mais objeto de pesquisa para este fim, basta realizar uma busca em revistas de ensino de Física como o Caderno Brasileiro de Ensino de Física¹ e na Revista Brasileira de ensino de Física².

Cada vez mais as Tecnologias de Informação e Comunicação fazem parte de nossa vida cotidiana. A ampliação da perspectiva e da esfera de ação são apenas algumas das possibilidades geradas pelo desenvolvimento destas tecnologias, ainda

¹ Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica>.

² Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>

que esta ampliação esteja restrita a determinados grupos de pessoas. No entanto, é importante perceber que ficará cada vez mais difícil viver em uma sociedade em que as Tecnologias de Informação e Comunicação ocupam um espaço cada vez maior sem uma correspondente e efetiva democratização do acesso e inclusão digital.

Visando a prestar este auxílio, atualmente existem os Recursos Educacionais Abertos (REA¹) que consistem em um esforço da comunidade internacional, impulsionado pela internet, que objetiva criar bens educacionais pertencentes à humanidade.

A Informática Educativa têm proporcionado condições que viabilizam a utilização, principalmente do computador, como recurso didático em sala de aula (REIS e ANDRADE NETO, 2004). Esquembre (2012) comenta que os computadores mostram um grande potencial para ajudar na construção do conhecimento pelos alunos, se forem adequadamente usados. A construção destas representações, auxiliada pelo uso do computador, pode favorecer o uso de modelos físicos pelos estudantes, no estudo da natureza, e, portanto, contribuir construtivamente para a melhoria da aprendizagem de Física.

Nos anos oitenta, comentava-se que antes do ano 2000 o trabalho intensivo com computadores seria o principal modo por meio do qual os estudantes de todos os níveis iriam aprender, em todas as áreas do conhecimento (ESQUEMBRE. 2002). Frente ao entusiasmo da revolução que causaria esta tecnologia na educação, criou-se, por parte de muitos educadores, a visão romantizada de que a mera presença do computador aumentaria a aprendizagem dos estudantes. Esta visão era contraposta com a de outros educadores que a consideravam um desperdício de tempo e dinheiro (ESQUEMBRE, 2002).

Hoje, vivemos num mundo dominado pelo uso e busca de informações. Alguns fatos e processos que se ensinam na escola, rapidamente podem se tornar obsoletos. Assim, ao invés de apenas memorizar informações, melhor seria se os estudantes fossem capazes de buscá-las e utilizá-las na construção de seu próprio conhecimento. Essas mudanças podem ser introduzidas com o auxílio do computador, que pode propiciar aos estudantes buscar e selecionar informações, resolver problemas e aprender de forma independente (YAMAMOTO e BARBETA, 2001). Assim, a Física pode ser utilizada para gerar, no educando, uma base conceitual necessária à busca eficiente de novos conhecimentos.

Bransford, Brown e Cocking (2000, apud Esquembre, 2002) afirmam que as tecnologias computacionais, quando bem utilizadas, podem ser importantes para:

- I- Levar à escola currículos excitantes, baseados em problemas do mundo real;
- II- Promover ferramentas para aumentar os níveis de aprendizagem;
- III- Oportunizar a estudantes e professores uma avaliação reflexão e revisão;
- IV- Integração da comunidade escolar e sociedade;
- V- Ampliar oportunidade para a aprendizagem dos professores.

Nos últimos anos, surgiu um grande número de *softwares* educacionais para a Física. Dependendo dos princípios de uso Esquembre (2002) os categoriza em: Ferramentas para aquisição de dados; *Softwares* de multimídia e hipermídia; Micromundos e Simulações; Ferramentas de modelagem; Telemática e ferramentas da Internet.

Atualmente existem modernas ferramentas que utilizam tecnologias computacionais existentes na chamada *Web 2.0*. A respeito deste assunto Santarosa, Conforto e Basso (2013) comentam:

A *Web* tem se caracterizado por um conjunto de serviços online que potencializam formas de publicação, cooperação e organização da informação, construindo diferenciados espaços de interação humana. Essa contemporânea interface que se convencionou chamar de *Web 2.0*, tem ampliado possibilidades de compartilhamento e autoria, inaugurando uma nova era na história da tecnologia computacional.

As tecnologias de informação e comunicação disponíveis por meio da chamada *Web 2.0* têm sido exploradas por vários autores (MORAIS *et al.*, 2014). Com relação à utilização destas tecnologias no suporte à aprendizagem Morais, Batista & Ramos (2011) classificam estas tecnologias como:

- ✓ Plataformas de gestão de aprendizagem - geralmente designadas como LMS (*Learning Management System*), ou como VLE (*Virtual Learning Environment*) ou ainda como plataformas de *eLearning*, como por exemplo a *BlackBoard*, a *Moodle* e a *WebCT*;

¹ Disponível em < <http://www.rea.net.br/site/>> Acesso em 3 de outubro de 2014.

- ✓ Tecnologias para a publicação e partilha de conteúdos - permitem a colocação online de conteúdos e a sua partilha com outros indivíduos, como por exemplo, *blogues*, *wikis*; as plataformas de divulgação de imagens e de vídeo, como por exemplo, *Flickr* ou *Youtube*; as tecnologias que permitem a divulgação de informação em formato sonoro (*podcast*); e as tecnologias de social *bookmarking*;
- ✓ Tecnologias de colaboração - permitem a realização conjunta de tarefas, como por exemplo, *Google Docs* (atualmente integrado no *Google Drive*), que disponibiliza funcionalidades como a edição colaborativa de texto ou de folhas de cálculo; as tecnologias de social *bookmarking*; a construção de mapas conceituais (*mindmaps*); assim como a construção colaborativa de *wikis* e de *blogues*;
- ✓ Redes sociais - permitem a criação de comunidades de indivíduos ou de organizações, facilitando o estabelecimento de redes de relações sociais, como *Facebook*, *Hi5*, *LinkedIn* (vocacionado para redes de indivíduos que partilham interesses profissionais), *Ning* ou *Academia.edu* (vocacionada para redes de indivíduos com interesses académicos) e, ainda, o *Twitter* por apresentar as características gerais de uma rede social, como o estabelecimento de redes de indivíduos que partilham interesses comuns;
- ✓ Tecnologias de comunicação interpessoal - permitem que se estabeleça comunicação direta entre indivíduos, como por exemplo, o *e-mail*, permitindo uma comunicação assíncrona e privada; o *MSN Messenger*, que permite comunicação síncrona, ou o *Skype*, para comunicação de voz e vídeo;
- ✓ Tecnologias de agregação de conteúdos - baseiam-se na tecnologia de *RSS feeds* para agregar conteúdos de diversas proveniências numa mesma página, como por exemplo o *Netvibes* e o *Google Reader*;
- ✓ Ambientes virtuais 3D - permitem ao utilizador a possibilidade de reproduzir com bastante realismo a sensação de presença em contextos reais, usando-se para isso um ambiente tecnológico apropriado como por exemplo o *SecondLife* ou o *Habbo*.

Todas as ferramentas, descritas anteriormente, podem trazer excelentes contribuições para a aprendizagem de teorias e conceitos científicos. Porém, a utilização das simulações computacionais tem particular importância por permitir a interação dos estudantes com o *software*, fazendo “perguntas” ao modelo científico contido na simulação e observando a sua resposta, assim como alterar variáveis e parâmetros destes modelos, e observar o comportamento resultante. Esta possibilidade pode levar a uma situação de aprendizagem onde o aluno efetivamente construa sua própria representação do conhecimento científico. Este trabalho considera que a utilização, em simulações computacionais, de representações utilizadas em Física, pode contribuir para que o aluno (re-)construa suas próprias representações do fenômeno estudado.

Alguns *softwares* educacionais já vêm sendo utilizados por vários autores no ensino de Física. Araujo e Veit (2004) consultaram a partir de 1990 estudos que se referem ao uso de tecnologias computacionais no ensino de Física em nível médio e universitário. Os artigos foram classificados em termos das modalidades de uso do computador e dos tópicos de Física abrangidos, ao todo 109 artigos foram analisados e “a área da Física mais abordada foi a Mecânica Geral (82 artigos), seguida pelo Eletromagnetismo (18 artigos) e pela Termodinâmica (14 artigos)” (ARAUJO e VEIT, 2004, p. 7).

Os autores constatam que:

[...] é a acentuada predominância da Mecânica Newtoniana no que se refere ao conteúdo envolvido. Grande parte da pesquisa e do desenvolvimento instrucional em Ensino de Física, no passado, foi dedicada a esse conteúdo e, no presente, continua sendo. Ainda que a tecnologia seja de última geração o conteúdo é de séculos atrás. É claro que a Mecânica é importante. É claro que a Mecânica é uma grande herança científica que temos. Mas será que a Física é só Mecânica? Será que só sabemos Mecânica? E o Eletromagnetismo, a Ótica, a Termodinâmica, a Relatividade, a Mecânica Quântica, ...? (ARAUJO e VEIT, 2004, p. 8).

Mais recentemente, Martins e Garcia (2012) consultaram 32 trabalhos científicos na área de Ensino de Ciências e Ensino de Física entre os anos de 2000 e 2012. Os autores encontraram dezesseis artigos que apresentaram resultados de pesquisas que foram desenvolvidas, ou que se aplicaram, na utilização de um software no ensino de Física. Eles classificaram, com relação ao assunto abordado, que 6 artigos referen-se à Mecânica Clássica, 2 à Óptica, 2 à Física Moderna, 2 ao

Eletromagnetismo, 1 à Astronomia e 1 à Acústica (MARTINS e GARCIA, 2012, p. 5).

Os autores comentam que:

Outra questão interessante diz respeito à presença quase que majoritária de determinados conteúdos de Física nas pesquisas. Percebeu-se uma concentração de trabalhos que estudaram um ou outro conceito da Mecânica, grande área da Física que congrega um bom número de conteúdos em que as experimentações não requereriam, *a priori*, uma sofisticação semelhante ao uso de softwares de animação ou simulação. Obviamente, não se defende que a relação entre a Mecânica e as NTIC seja desnecessária, trata-se apenas de atentar para a necessidade de compreender as relações que tornam possível a centralidade ocupada por estes conteúdos (MARTINS e GARCIA, 2012, p. 6).

Percebe-se que os autores convergem no sentido de destacar a ênfase dos assuntos da Mecânica no ensino de Física. Com isso, desejamos demonstrar que o tema Eletromagnetismo foi muito pouco pesquisado no Brasil. É consenso dos autores (ARAUJO e VEIT, 2004 e MARTINS e GARCIA, 2012) que os conteúdos de Mecânica Clássica foram os mais privilegiados, permanecendo alguns temas como o Eletromagnetismo à espera de maior destaque nas produções acadêmicas.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN¹) sugerem que “A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação”. As matrizes de referências do Exame Nacional do Ensino Médio¹ (Enem) também comentam a importância deste assunto quando é citado que o aluno deve saber “utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo”.

O tema Eletromagnetismo também é de grande importância em um contexto de futuros profissionais que irão trabalhar no projeto, manutenção, desenvolvimento ou na pesquisa dos mais diferentes produtos nas mais diferentes áreas tecnológicas.

Com relação a este tema Rodríguez (1998, p. 315) cita: “Ele tem uma ampla variedade de aplicações em tecnologia.” E ainda “Os materiais magnéticos desempenham um importante papel na tecnologia moderna, pois encontram um grande número de aplicações em produtos e processos industriais dos mais variados setores” (Ibid, p. 317).

¹ Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro081.pdf>. Acesso em 3 de outubro de 2014.

Estes fenômenos eletromagnéticos estão presentes em um número grande de aparelhos e equipamentos de nosso cotidiano, tais como celulares, computadores, televisores, geladeiras, motores elétricos e muitos outros. Desta forma, a compreensão do Eletromagnetismo é importante para o entendimento do mundo cotidiano por todas as pessoas.

Mas, para algumas pessoas, como os alunos de cursos técnicos e de engenharias, por exemplo, alguns conceitos de Eletromagnetismo são de fundamental importância, pois servem de pré requisito a algumas disciplinas². Em um curso técnico isso também é válido, pois o assunto da Lei de Faraday está presente em várias disciplinas ao longo do curso.

Após o curso, o domínio destes conceitos de eletromagnetismo é importante para o aluno, pois ele se tornará um profissional que atuará com tecnologias que utilizarão o eletromagnetismo como base de seu funcionamento.

Dentre os cursos que mais se utilizam destes conceitos estão os cursos técnicos que possuem sua base no eixo tecnológico de controle e processos industriais, conforme o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos do MEC³, e também os cursos superiores, segundo o Catálogo Nacional dos Cursos Superiores de Tecnologia⁴. A temática do Eletromagnetismo encontra-se presente também nos referenciais nacionais de alguns cursos de Engenharia⁵.

O entendimento de conceitos de Eletromagnetismo se faz necessário por razões curriculares. Por exemplo, se estes não forem entendidos nas disciplinas básicas destes cursos, com o desenvolver do curso os alunos poderão ter dificuldades nas disciplinas que têm o Magnetismo e Eletromagnetismo como pré-requisito.

¹ Disponível em: <http://www.ceps.ufpa.br/daves/PS%202014/matriz%20enem-2013.pdf>. Acesso em 3 de outubro de 2014.

² Como pode ser visto no projeto pedagógico de curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa campus Alegrete/RS disponível em: http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unipampa.edu.br%2Fportal%2Fdocumentos%2Fdoc_download%2F337-&ei=DFQwVPiIMs6XgwStIHwCA&usq=AFQjCNGHx0MeCTpP9dsPnTsl1zVg7m-Nog&bvm=bv.76802529,d.eXY&cad=rja> Acesso em: 4 de outubro de 2014.

³ Disponível em: http://pronatec.mec.gov.br/cnct/et_controle_processos_industriais/et_controle_processos_industriais.php>. Acesso em 7 de agosto de 2014.

⁴ Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=86&id=12352&option=com_content&view=article>. Acesso em 8 de agosto de 2014.

⁵ Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/referenciais.pdf>>. Acesso em 8 de agosto de 2014.

Logo, podemos fazer uma pergunta: Como se apresenta o aprendizado, por parte de estudantes de curso técnico, de conceitos de Eletromagnetismo? Com relação ao aprendizado do conceito básico de campo magnético Guisasola *et al.* (2003), realizou um estudo com uma amostra composta por 70 alunos do último ano do bacharelado em Física, 60 alunos do primeiro ano de Engenharia Técnica Industrial, 65 alunos do segundo ano de Engenharia Técnica Industrial e 40 alunos do terceiro ano de Ciências Físicas. O resultado deste estudo é que os estudantes têm sérias dificuldades em aprender a teoria do campo magnético.

Outra dificuldade relatada é que muitas vezes parte dos alunos não atribui um valor fenomenológico real aos conceitos de Eletromagnetismo, mas observam nestes somente métodos para efetuar cálculos (MOREIRA e PINTO, 2003).

E isso é muitas vezes reproduzido pelos professores, pois o fenômeno que origina uma lei Física às vezes é esquecido, dando-se ênfase somente à questão matemática da lei Física. Neste aspecto, estes autores realizaram um estudo sobre as dificuldades dos alunos com relação ao conceito da lei de Ampère e comentam que:

Os alunos não vão além de percebê-la como um método, ou uma fórmula, para resolver determinado tipo de problema. Na verdade, isso não é surpreendente no contexto do ensino da Física: os alunos tendem a ver a Física como uma ciência “de fórmulas” (MOREIRA e PINTO, 2003, p. 325).

E ainda Moreira e Pinto (2003) explanam que:

A lei de Faraday é o conteúdo apresentado aos alunos imediatamente após o tópico sobre a lei de Ampère. Vários alunos, respondendo a questões sobre a lei de Ampère, se reportam a elementos característicos do domínio da lei de Faraday, fazendo uma possível, parcial ou total, indistinção entre as duas leis.

Alguns autores ressaltam que as dificuldades dos alunos no entendimento de certos conceitos de Eletromagnetismo se dá na impossibilidade de visualizar isso na forma tridimensional. Para Paz (2007), a distribuição e a interação das variáveis em um simulador de fenômenos magnéticos e eletromagnéticos é um destes aspectos, pois estas interações, em um espaço tridimensional, são as maiores dificuldades apresentadas pelos alunos na compreensão dos conceitos de Eletromagnetismo.

E ainda segundo Macedo, Fernandes, et al (2011):

“verifica-se que as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Eletromagnetismo se concentram na impossibilidade de visualização dos campos magnéticos por parte dos alunos no espaço tridimensional (MACEDO, FERNANDES, *et al.*, 2011, p. 487)”

Com isso estes autores propõem que a visualização mediante a utilização de um programa computacional pode auxiliar no processo de ensino aprendizagem de conceitos eletromagnéticos.

Diante da importância deste assunto nos cursos técnicos e nas engenharias, e diante da dificuldade que os alunos apresentam com relação ao entendimento de conceitos relacionados ao Eletromagnetismo é que se propôs este estudo.

Este trabalho propõe, então, a utilização de um *software* computacional com alunos do Curso Técnico Integrado em Automação Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul RioGrandense campus Camaquã/RS.

Com relação ao curso Técnico em Automação Industrial há uma peculiaridade no currículo do curso. Alguns assuntos de Eletromagnetismo foram trabalhados no curso de Automação Industrial em três disciplinas diferentes. Estes assuntos foram expostos nestas disciplinas de maneira tradicional, ou seja, somente utilizando-se a exposição oral, uso de quadro branco e listas de exercícios.

O problema percebido é que mesmo depois de os alunos terem tido contato com estes assuntos, a maior parte deles ainda não tinha conhecimento algum sobre Eletromagnetismo, e apresentavam dificuldades no entendimento das interações e no comportamento das variáveis eletromagnéticas no espaço, pois somente cerca de 20% deles obtiveram aprovação (mais que 60% de aproveitamento) na primeira etapa avaliativa da disciplina de Máquinas Elétricas.

Pelo fato de a área de eletromagnetismo ser ampla e englobar vários assuntos como o campo magnético da corrente elétrica, os circuitos magnéticos, a indução eletromagnética, a autoindução e outros (TAVARES, 2011), neste estudo de caso foi dada ênfase à lei de Faraday e à lei de Lenz. Estes conhecimentos, normalmente, em cursos técnicos, são trabalhados em sala de aula no início dos currículos, pois precedem disciplinas que os usam como conhecimento prévio.

Dessa forma, este trabalho tem a seguinte pergunta de pesquisa: Como o uso de *softwares* de simulação no ensino de Física, mais especificamente com conceitos que envolvem a lei de Faraday e a lei de Lenz, podem auxiliar no aprendizado conceitual desta área?

Para tanto, utilizaremos um aporte teórico que considera que o aprendizado ocorre predominantemente pela mediação de estruturas externas, consideradas pelo cérebro como “ferramentas de processamento extracerebral” (SOUZA, 2004). Quando o cérebro utiliza estas ferramentas *drivers*, verdadeiras “máquinas virtuais”, são geradas e armazenadas na estrutura cognitiva do estudante e estes *drivers* são utilizados pelo cérebro, mesmo na ausência do mecanismo externo de mediação e resultam em um crescimento na descrição do conceito pelo indivíduo (Ibid). O referencial teórico será discutido mais adiante.

Ainda temos alguns objetivos específicos como segue:

- ✓ Investigar se ocorre uma evolução conceitual dos alunos referente ao entendimento dos conceitos de Eletromagnetismo segundo a TMC, e se as representações do simulador computacional auxiliam na resolução de problemas de Magnetismo e Eletromagnetismo sob o ponto de vista dos estudantes do ensino técnico integrado.
- ✓ Investigar possíveis aquisições de novos “*drivers*” de *assimilação* após o uso de ferramentas computacionais de simulação envolvendo estes conceitos, segundo a TMC.
- ✓ Investigar a importância das simulações computacionais no processo de ensino aprendizagem, bem como estas simulações podem auxiliar no desenvolvimento das habilidades relativas à visualização de conceitos Físicos.

Não é objetivo deste estudo determinar ou defender a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação por si só, mas investigar o uso destas utilizando uma metodologia de ensino-aprendizagem adequada. Para isso utilizaremos como principal referencial epistemológico a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) por sua abordagem em relação à mediação por computador, já que o foco do nosso trabalho de pesquisa está no estudo da possibilidade da evolução da aprendizagem de conceitos físicos com a mediação por computador, em especial pelo uso de *softwares* de simulação de Eletromagnetismo.

No capítulo 1 será apresentada a fundamentação teórica e serão abordados alguns aspectos desta teoria e sua influência na aprendizagem e no desenvolvimento de conceitos de Eletromagnetismo.

No capítulo 2 será abordado o método, os instrumentos e os materiais utilizados na coleta de dados, bem como a descrição do universo envolvido na experimentação durante a investigação.

No capítulo 3 descrevemos os resultados e a discussão, com o que são apresentados os aspectos abordados pelos estudantes na resolução das questões de Eletromagnetismo no pré-teste, na pré-entrevista, nos pós-teste, nas pós-entrevistas e nos roteiros de utilização do *software* em questão.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados alguns aspectos da Teoria da Mediação Cognitiva em Rede, Era Digital, Hiper cultura e sua influência na aprendizagem e no desenvolvimento de conceitos de Eletromagnetismo. Alguns exemplos de aplicação desta teoria no Ensino de Ciências e Matemática também serão abordados.

1.1 A TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA EM REDE – TMC

Neste item serão abordados elementos que caracterizam a Era digital e a Hiper cultura.

1.1.1 Era digital e a Hiper cultura

Vivemos numa era digital na qual o uso de computadores e dispositivos eletrônicos com acesso à internet é uma ação corriqueira. Pessoas de todas as idades passaram a estar conectadas diariamente com seus aparelhos celulares, *notebooks* ou *tablets*. A informação circula rapidamente e em abundância pela rede mundial de computadores – a *world wide web*. E essa informação está à disposição das pessoas num clique de *mouse* ou em um abrir de aplicativo.

Segundo os resultados do relatório¹ anual do Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e Comunicação (CETIC), 80% dos estudantes do ensino médio no sul do Brasil possuem computador em seu domicílio² e 75% dos estudantes do ensino médio acessam a internet pelo telefone celular³. As potencialidades comunicativas destes dispositivos são cada vez mais marcantes e

¹ Disponível em: <<http://www.cetic.br/educacao/2013/>>. Acesso em 24 de julho de 2014.

² Disponível em: <<http://www.cetic.br/educacao/2013/alunos/B5.html>>. Acesso em 24 de julho de 2014.

³ Disponível em: <<http://www.cetic.br/educacao/2013/alunos/B12.html>>. Acesso em 24 de julho de 2014.

os adolescentes de hoje vivem imersos num contexto de hipermídia bastante amplo, diferentemente dos adolescentes de décadas passadas.

Bennett, Maton & Kervin (2008) realizaram um estudo que caracteriza este grupo de indivíduos como nativos digitais, pois eles se desenvolveram cognitivamente a partir de uma estreita relação com a tecnologia, ao passo que os indivíduos que se desenvolveram fora desse contexto, mas que acabaram sendo introduzidos posteriormente, são chamados de imigrantes digitais. Esta afirmação também é feita por Prensky (2001).

Para este autor, os estudantes de hoje representam as primeiras gerações que cresceram usando videogames, computadores, câmeras de vídeo digitais etc. O autor caracteriza:

Agora fica claro que como resultado deste ambiente onipresente e o grande volume de interação com a tecnologia, os alunos de hoje pensam e processam as informações bem diferentes das gerações anteriores. Estas diferenças vão mais longe e mais intensamente do que muitos educadores suspeitam ou percebem. (...) Nossos estudantes de hoje são todos “falantes nativos” da linguagem digital dos computadores, vídeo games e internet. (PRENSKY, 2001. p. 1).

Recentemente, Margaryan, Littlejohn e Vojt (2011) realizaram um estudo intitulado “Os nativos digitais são um mito ou realidade? Uso de tecnologias digitais por estudantes universitários” – Tradução nossa. Neste artigo, os autores citam vários estudos sobre o uso de tecnologias digitais em diferentes países e concluem que:

Estes estudos empíricos, realizados em diferentes países e em diferentes tipos de universidades, estão chegando a conclusões muito semelhantes, sugerindo que o rótulo de “nativos digitais” pode ser demasiado simplista para explicar as formas que os jovens fazem uso das tecnologias (MARGARYAN, LITTLEJOHN e VOJT, 2011, p. 431, tradução nossa).

Segundo os autores, não podemos afirmar que todos os estudantes que nasceram em uma determinada época são caracterizados como “nativos digitais”, somente alguns destes. Ainda Medeiros e Medeiros (2002) comentam sobre as possibilidades e limitações das tecnologias em ensino de ciências, os autores citam algumas limitações do uso das tecnologias.

Mesmo que nem todos os estudantes sejam os ditos “nativos digitais”, ou mesmo diante de limitações do uso das tecnologias, devemos encarar a ideia de que

vivemos na era digital. Souza (2004) caracteriza este cenário, de era digital, quando aborda as possíveis mudanças decorrentes deste momento em que vivemos.

Podemos imaginar que essa era digital influencia de forma importante a maneira como as pessoas veem o mundo e se posicionam diante dos fatos. Para o autor, a quantidade de conhecimento que flui nas redes de computadores possibilita um crescimento cognitivo nas pessoas que costumam ficar conectadas com seus dispositivos móveis, pois estas acabam por criar novas formas de lidar tanto com os dispositivos quanto com as informações que circulam na rede.

Isso significa, de um modo geral, que as formas de pensamento dos alunos é diferente, pois eles estão inseridos nesta geração que tem uma forte interação com a tecnologia, como podemos ver nos relatórios do CETIC acima citados.

Segundo Souza (2004), nossos processos de pensamento são moldados por mediação com o meio e essa mediação vai mudando a própria cultura destes grupos.

Diante deste contexto, o autor desenvolve sua argumentação, discorrendo sobre a existência de uma Hiper cultura:

Logo, é possível se afirmar que, na atual Revolução Digital, testemunha-se a emergência de uma Hiper cultura, onde os mecanismos externos de mediação passam a incluir os dispositivos computacionais e seus impactos culturais, enquanto que os mecanismos internos incluem as competências necessárias para o uso eficaz de tais mecanismos externos. Em termos de impactos observáveis, isso significa que todas as habilidades, competências, conceitos, modos de agir, funcionalidade e mudanças culturais ligadas ao uso de computadores e da *Internet* constituem um conjunto de fatores que difere substancialmente daquilo que tradicionalmente se percebe como cultura. (SOUZA, 2004, p.86)

1.1.2 Teoria da Mediação Cognitiva em Rede

Souza (2014) utiliza vários autores para sugerir que o cérebro e os órgãos sensoriais não são poderosos o suficiente para dar conta dos fenômenos cognitivos observados na espécie humana, sugerindo que:

O equipamento cerebral humano não pode ser o suficiente para, por conta própria, fornecer o imenso poder computacional que seria necessário para assegurar a sobrevivência e o bem estar da espécie humana. (SOUZA, 2004, p. 50)

Sendo assim,

Sabendo-se que o córtex cerebral é limitado mas que a humanidade superou tais limites, deduz-se que a expansão da capacidade cognitiva dos seres humanos se dá através de alguma forma de processamento extracerebral de informações. (SOUZA, 2004, p. 58)

Daí, o autor constrói um conjunto de conceitos, dentro do seu proposto referencial teórico, dos quais nos chamam atenção os “*mecanismos externos de mediação*” e os “*mecanismos internos de mediação*”¹ – trazendo uma perspectiva diferenciada no que se refere a considerar a chamada cognição externa (ao cérebro). Na verdade, o ponto inicial da construção destes conceitos é o fato de que o uso destes dispositivos eletrônicos – computadores, *tablets* e *smartphones* – se dá por um processo de mediação. Então, é natural inferir que estes dispositivos se tornem mecanismos externos de mediação e que os mecanismos internos são construídos com o passar do tempo e com a necessidade de aquisição de novas competências para o uso destes dispositivos.

Esse processo de mediação com mecanismos externos, segundo Souza (2004), sempre existiu, mesmo antes de pensarmos em usar computadores pessoais. Nosso cérebro é sabidamente limitado, incapaz de processar todas as informações de que dispomos. Portanto, diariamente utilizamos, de uma maneira ou de outra, o processamento externo para nos auxiliar, pois a cognição humana também se dá pela interação com o ambiente, que fornece à estrutura cognitiva uma capacidade adicional de processamento.

Quando necessitamos lembrar algo, ou mesmo uma tarefa importante, lançamos mão de processamento externo. Por exemplo, no momento em que elegemos um local específico de nossa casa e lá dispomos objetos importantes que precisam ser levados ao trabalho no dia seguinte, estamos utilizando processamento externo, psicofísico, para nos auxiliar a memória.

Podemos citar também o uso do ábaco que foi mais utilizado pelas antigas civilizações; elas faziam uso desta ferramenta externa para auxiliar em seus cálculos. Hoje, utilizamos calculadoras como ferramentas extracerebrais de cálculos. Ou mesmo quando aprendemos a cozinhar alimentos, estamos nos utilizando de mecanismos externos de processamento para nos auxiliar no processo interno de

¹ Este processo será explicado mais adiante.

digestão dos alimentos. Atualmente, com mecanismos externos capazes de processar informações e tomar decisões independentemente – como os computadores – houve uma mudança mais significativa nesse processo de mediação.

O autor explica que a necessidade de superar as limitações cognitivas dos sujeitos é definida pela seleção natural e que, portanto, a criação de mecanismos de mediação faz parte de um processo de evolução, sendo que cada etapa inicial é incorporada às demais:

Assim sendo, espera-se que tal desenvolvimento ocorra através de uma sucessão de etapas, sendo impulsionado por um processo aleatório de tentativa e erro, estocasticamente caminhando em direção a estruturas de mediação cada vez mais poderosas e sofisticadas. Com base no que se conhece atualmente acerca dos impactos de fatores ambientais na cognição humana é possível inferir que os mecanismos de mediação cognitiva evoluíram de uma natureza psicofísica para uma dimensão social e, em seguida, para um paradigma cultural. Afinal, isso não apenas corresponde à ordem em que tais coisas emergiram na história da humanidade, mas também à ordenação da menor para a maior complexidade. (Souza, 2006, p. 154).

Com isso, segundo a teoria proposta, podemos ver na Tabela abaixo a descrição feita por Souza (2004, 2006, 2012) das diversas formas possíveis de mediação.

Tabela 1 – A evolução das formas de Mediação Cognitiva

Ordem de emergência	Forma de Mediação	Mecanismos Externos	Mecanismos Internos	Processamento Extracerebral
1ª	Psicofísica	Física do Objeto e do Ambiente	Sistemas Sensoriais	Percepção
2ª	Social	Interação em grupo	Habilidades sociais	Percepção e Memória
3ª	Cultural	Sistemas Simbólicos e Artefatos	Conhecimento Tradicional e/ou Formais	Percepção, Memória, Categorização e Aprendizagem

Fonte: (SOUZA, 2004)

Podemos, então, concordar com o autor quando este defende que o surgimento da hipercultura fez com que nosso cérebro começasse a pensar de forma hipercultural e, a partir disso, criou-se um pensamento hipercultural,

caracterizado por competências capazes de interagir com dispositivos deste meio, e que apresenta:

“lógica matemático-científica; representações visuais; formas elaboradas de classificação e ordenamento; estratégias eficazes para identificar o essencial e desprezar o resto; algoritmos eficientes para ‘varrer’ ou ‘folhear’ grandes conjuntos de informações e conhecimentos” (SOUZA, 2004, p.87).

Esse arcabouço de novas competências, necessárias para dar conta desta nova cultura digital – a hipercultura – propicia que um processo de mediação ocorra e, com isso, novos conhecimentos são adquiridos.

Em outro estudo (SOUZA *et al.*, 2010), os autores pesquisam o impacto cognitivo que o uso de um jogo do tipo RPG¹ causa em um conjunto de 1280 estudantes de ensino médio. Inicialmente, os autores objetivavam comprovar as previsões iniciais de que *“o engajamento em tais jogos é positivamente associado ao maior nível de capacidade psicométrica, especialmente lógica e habilidades numéricas e, portanto, também para o desempenho escolar”* (SOUZA, 2010, p. 1571). Ao final do trabalho, os autores chegam à conclusão de que estes estudantes conquistam um escore *“muito melhor”* (sic) em sociabilidade, tornando-se mais sociáveis do que antes.

Isso ocorre porque o jogo, por ser massivo e com vários jogadores atuando ao mesmo tempo, implica o desenvolvimento de mecanismos internos de mediação – que analogamente poderiam ser chamados de *drivers*², como denominados em informática – que possuem forte componente social e os estudantes acabaram adquirindo esta competência para além dos momentos em que estavam jogando.

Nesse sentido, um mecanismo externo de processamento de informações interage com os estudantes, que criam *drivers* específicos que permanecem mesmo após a mediação com o mecanismo externo não existir mais. Estes estudantes adquiriram competências que foram desenvolvidas no processo de mediação e essas competências modificaram suas estruturas cognitivas, tornando-os mais sociáveis. Com base principalmente nestes pressupostos, o autor desenvolve uma teoria cognitiva a qual chama de Teoria da Mediação Cognitiva em Rede.

¹ RPG vem do inglês e sua tradução é “jogo de interpretação de personagens”. No jogo, vários jogadores assumem determinados papéis de personagens e criam suas narrativas de forma colaborativa. Não há vencedores nem perdedores, pois estes jogos são mais colaborativos do que competitivos.

² Será explicado mais adiante.

A Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (SOUZA, et. al., 2012) procura explicar o processamento da informação pelo cérebro, propiciando uma abordagem ampla para a cognição humana. É uma teoria contextualista e construtivista. Os autores apresentam o desafio de “fornecer uma síntese teórica coerente de teorias psicológicas e estruturais que são geralmente vistas como separadas, ou mesmo em conflito umas com as outras, de modo a produzir um modelo unificado” (ibidem, p. 2).

A TMC é fundamentada e referenciada em cinco premissas relativas à cognição humana e ao processamento de dados:

(...) 1) A espécie humana tem como maior vantagem evolutiva a capacidade de gerar, armazenar, recuperar, manipular e aplicar o conhecimento de várias maneiras; 2) Cognição humana é efetivamente o resultado de algum tipo de processamento de informação; 3) Sozinho, o cérebro humano constitui um finito e, em última instância, insatisfatório, recurso de processamento de informação; 4) Praticamente qualquer sistema físico organizado é capaz de executar operações lógicas em algum grau; 5) Seres humanos complementam o processamento da informação cerebral por interação com os sistemas físicos externos organizados. (SOUZA *et al.*, 2012, p. 2, tradução nossa).

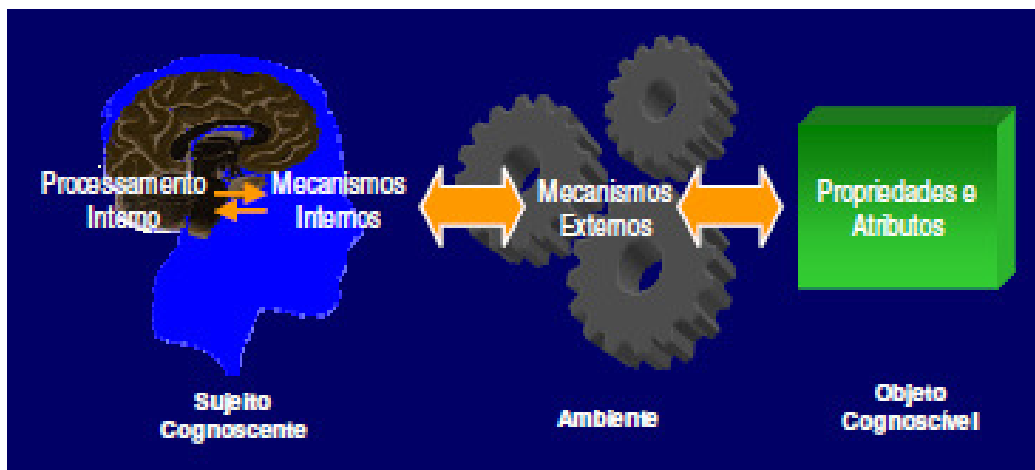
Diante da popularização da internet nos últimos anos, surgiu o termo “Revolução Digital” que gerou mudanças importantes nas sociedades e culturas de todo o mundo, influenciando o homem em níveis individuais e coletivos pelo impacto das tecnologias digitais sobre o pensamento. A cognição humana é o resultado de processamento de informações e uma parte importante desse processamento é realizada fora do cérebro, pois este é limitado para processar todas as informações disponíveis.

Nesse sentido, utilizamos o processamento externo por meio da interação com estruturas do ambiente para aumentar a capacidade de processamento de informações. Por exemplo, quando utilizamos um computador para processar informações, ou mesmo realizar um cálculo mais complexo, estamos utilizando-o como um mecanismo externo de mediação. Para tanto, precisamos construir alguns mecanismos internos que nos possibilite manusear este computador e compreender

não somente o seu processamento, mas também as informações que ele está nos oferecendo.

A figura 1, a seguir, mostra um esquema de como ocorre o processamento cognitivo através de estruturas do ambiente, que fornecem uma capacidade adicional de processamento de informações.

Figura 1 – Processamento cognitivo por mediação com estruturas do ambiente



Fonte: SOUZA, 2004.

Esse arcabouço de novas competências, necessárias para dar conta desta nova cultura digital – a hipercultura – propicia que um processo de mediação ocorra e, com isso, novos conhecimentos são adquiridos.

1.1.3 Os “Drivers”

Nas ciências da computação, *drivers* são definidos como programas que agregam todas as informações necessárias para o bom funcionamento de um determinado dispositivo (OLIVEIRA, CARISSIMI e TOSCANI, 2001). São os *drivers* que permitem a comunicação entre o sistema operacional do computador e os respectivos dispositivos, permitindo que os aplicativos instalados no computador possam interagir com este *hardware* com um bom nível de abstração sobre o seu funcionamento.

Fazendo um paralelo com a TMC, os *drivers* permitem a comunicação entre a estrutura cognitiva do sujeito e o mecanismo externo de processamento de informações de maneira que ambos possam interagir e o sujeito possa entender o funcionamento deste mecanismo externo a ponto de compreender e internalizar as informações nele contidas. Estes mecanismos internos é que tornam possível a utilização dos mecanismos externos e são chamados pelo autor de *drivers*, tecendo uma analogia à computação, própria a uma abordagem baseada na metáfora computador-cérebro da psicologia cognitiva.

Os *drivers* são dispositivos que, segundo o autor, trabalham como “máquinas virtuais” internas, que possuem um papel importante na definição do pensamento humano no contexto da mediação e vão para além da “conexão” com o mecanismo externo:

É razoável supor que os mecanismos internos de mediação funcionem através da produção de um *shell*, ou seja, de uma "máquina virtual" que "espelha" ou "representa" o mecanismo externo. Trata-se de um processo necessário para o estabelecimento de uma interface entre o cérebro e o mecanismo extracerebral, mas também permite, até certo ponto, uma "emulação" ao menos parcial dos mecanismos externos em questão. Isso implica, portanto, numa internalização parcial dos mecanismos externos, o que ajuda a explicar por que as habilidades permanecem aumentadas mesmo quando os mecanismos externos estão ausentes. (SOUZA, 2004, p. 81-82).

Isto significa que, para garantir o processo de mediação cognitiva com um mecanismo externo, nosso cérebro cria competências específicas para se comunicar com este mecanismo – que é um auxiliar no processamento de informação – e, a partir dessa mediação, adquire um ganho de processamento de informações que se mantém mesmo que a conexão com o mecanismo externo seja interrompida. E esse ganho de processamento de informações é considerado pelo autor como aquisição de conhecimentos.

Souza *et al.* (2012) resume este processo da seguinte forma:

A fim de integrar o processamento de informação feito pelo cérebro com um executado por mecanismos externos, é necessário que haja uma ligação lógica entre estes dispositivos. Por outras palavras, alguma forma de traduzir entradas, saídas e processamento entre eles. Isto é muito

semelhante ao ter de instalar “controladores de dispositivos” de *software* num sistema de computador, de modo que este seja capaz de reconhecer e fazer funcionar um equipamento externo específico, tal como uma impressora, um *scanner* ou outro dispositivo de armazenamento. Nos seres humanos, isto pode ser conseguido por meio de uma representação mental de um sistema físico que é constituído de um conjunto de “teoremas-emoção”, no sentido estabelecido pela teoria dos campos conceituais de Vergnaud (Vergnaud, 1997), que são análogos ao funcionamento dinâmico do referido mecanismo externo, por conseguinte, tornando possível a um indivíduo interagir com este mecanismo externo para fins de processamento de informação. Como tal, o desenvolvimento deste “mecanismo interno” ocorre por meio da interação entre o indivíduo e o sistema físico correspondente, isto é, através do processo descrito na Epistemologia Genética de Piaget como “equilibração”. (SOUZA *et al.*, 2012, p. 2-3, tradução nossa).

Com isso, o autor sugere que a mediação cognitiva ocorre se e somente se existirem estes mecanismos internos que dão suporte à mediação com este suporte a capacidade de comunicação e controle em relação a eventuais mecanismos de processamento extracerebral, e a esta ligação lógica dá-se o nome de *drivers*. De outra maneira, os “*drivers*” seriam a intermediação entre o conjunto de conhecimentos que o indivíduo detém dentro de si com as habilidades que lhe permitam o acesso e o uso de mecanismos externos.

1.1.4 O Diálogo com Vygotsky

Os autores da TMC buscaram sintetizar algumas teorias psicológicas e estruturais de forma coerente, a fim de construir um modelo unificado. Para tanto, buscaram na teoria sócio construtivista de Vygotsky os conceitos de internalização de sistemas de signos e zona de desenvolvimento proximal. Um dos pilares da teoria socioconstrutivista de Vygotsky é o de que o desenvolvimento humano ocorre por meio de interação social e nessa interação social ocorre a transmissão cultural e o desenvolvimento cognitivo (VYGOTSKY, 1984).

O papel da linguagem e dos signos foi fundamental nesse processo, pois, segundo Vygotsky, o domínio da linguagem e dos signos propiciou ao ser humano o domínio do seu desenvolvimento mental. Por mais que os seres humanos nasçam com características relativamente iguais e herdadas geneticamente, é a cultura na qual estão inseridos que faz com que os processos psicológicos sejam diferenciados.

Esta “enculturação” Vygotskiana se dá pela interação e, com ela, pela aquisição de sistemas de signos que se caracterizam por um conjunto de representações de inúmeros objetos e operações de pensamento. Cada sistema de signos é dependente de determinada cultura e a internalização desses sistemas, segundo Vygotsky, vai ocorrer conforme pressupostos específicos e a partir da interação pela fala, gestos e outras formas de interação, construindo o desenvolvimento cognitivo do sujeito (VYGOTSKY, 1984). Neste contexto, Vygotsky constrói o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A ZDP se caracteriza como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do sujeito, determinado pela capacidade de resolução individual de um determinado problema, e o nível de desenvolvimento potencial deste sujeito, determinado pela sua capacidade de resolução do problema sob a orientação de um adulto ou sob a colaboração com outro indivíduo.

Sendo a ZDP um conjunto de informações que estão fora do alcance atual do sujeito, mas potencialmente atingíveis, podemos imaginar que o processo de mediação com algum mecanismo externo do ambiente, que possibilite o ganho de processamento de informações pelo cérebro humano, é desenvolvido a partir da aquisição de novos sistemas de signos e pode possibilitar mais efetivamente o atingimento do nível de desenvolvimento potencial a partir desse processo de mediação.

Partindo do uso do computador, o mecanismo externo de processamento de informações – computador – interage com a estrutura cognitiva dos estudantes por mediação em função de que há a internalização de um conjunto de sistemas de signos (VYGOTSKY, 1984) capazes de fazer com que o estudante compreenda e internalize, mesmo que em parte, a informação que está sendo apresentada na tela. Esta contribuição vygotskiana é incorporada na TMC.

Souza (2004, p. 122) aponta que a ZDP se caracteriza como:

“uma visão dinâmica da internalização, delimitando o internalizado, o que irá ser internalizado e o que está sendo internalizando. Também é um construto que define as condições necessárias a todo o processo”.

1.1.5 As contribuições das Teorias de Vergnaud e Piaget

Os autores da TMC foram buscar na teoria dos campos conceituais de Vergnaud alguns elementos importantes, dentre eles o conceito de teorema-em-ação. Segundo estes autores, quando estabelecemos uma conexão com algum mecanismo externo, precisamos criar certos *drivers* que nos auxiliam a compreender o funcionamento deste mecanismo e a interagir com ele para fins de processamento de informações. Estes *drivers* são representações mentais análogas aos teoremas-em-ação de Vergnaud e são desenvolvidos para permitir o processo de mediação e de aquisição de processamento de informações, ao mesmo tempo em que se desenvolvem com a interação entre o indivíduo e o mecanismo por meio do processo Piagetiano de equilíbrio. Piaget chamou de equilíbrio o balanço entre assimilação e acomodação.

A assimilação ocorre quando um sujeito consegue incorporar algum elemento do meio externo a um esquema – estrutura mental que possibilita ao sujeito organizar e compreender o meio – previamente existente na estrutura cognitiva. Quando incorporamos esse elemento do meio externo a um esquema previamente existente, assimilamos aquela particularidade e, ao mesmo tempo, modificamos o esquema. Essa modificação do esquema em função da assimilação dessa nova característica é chamada de acomodação.

A equilíbrio é importante, pois se somente ocorressem assimilações na estrutura cognitiva de um sujeito, existiriam poucos esquemas e uma incapacidade deste indivíduo de identificar diferenças nas coisas. Por outro lado, se somente ocorresse acomodação, os esquemas da sua estrutura cognitiva seriam muitos, mas estes esquemas seriam pequenos e com pouca generalidade. A equilíbrio é um processo posterior ao desequilíbrio causado pelo conflito cognitivo gerado por uma situação nova.

Em resumo, os autores argumentam que:

(...) o processo de mediação produz a vantagem óbvia de permitir que um indivíduo possa aumentar significativamente a sua capacidade computacional (e, portanto, os poderes cognitivos) por um processamento distribuído entre o cérebro e uma sofisticada rede de aparelhos externos. No entanto, a possibilidade de utilizar vários tipos de complexas e sofisticadas “próteses cognitivas” não é a única incidência. Com efeito, pode-se também concluir que, dada a natureza das representações mentais (teoremas-em-

ação), a sua mera existência dota o indivíduo com um conjunto de ferramentas lógicas que aumenta a sua competência em domínios específicos, mesmo na ausência do sistema externo físico correspondente. Assim, os padrões individuais de pensamento, isto é, as suas abordagens lógicas, estratégias, competência e raciocínio, são, numa extensão significativa, definidas pelos mecanismos de mediação formados por meio de uma história pessoal de interação com os diferentes tipos de grupos sociais, ferramentas, instrumentos e outros elementos culturais, muito como previsto nas teorias sócio construtivistas. (SOUZA *et al.*, 2012, p. 3, tradução nossa).

Dessa forma, o autor faz a conjugação das teorias, abordando a interação social Vygotskiana e teoremas-em-ação de Vergnaud, propondo a existência de um ganho cognitivo substancial a partir da mediação com o computador.

1.1.6 As contribuições da Teoria Triárquica da Inteligência de Sternberg

A Teoria Triárquica da Inteligência de Robert J. Sternberg (STERNBERG, 1984, 1988, 1991, 1999a, 1999b apud SOUZA, 2004, p. 125) baseia-se no paradigma do processamento da informação e considera a existência de uma arquitetura cognitiva composta de três facetas ou sub-teorias as quais, por sua vez, subdividem-se, cada uma, em componentes menores.

- Faceta Analítica (Sub-Teoria dos Componentes): Mecanismos responsáveis pela capacidade analítica que é medida em testes psicométricos e em exames acadêmicos, refletindo como um indivíduo relaciona-se com o seu mundo interior. É composta por:
 - Metacomponentes: Controle, monitoração e avaliação do processamento cognitivo. Basicamente, eles analisam um problema e escolhem uma estratégia para resolvê-lo. São funções executivas de ordem elevada, voltadas para a organização dos componentes de Desempenho e de Aquisição de Conhecimento.
 - Componentes de Desempenho: Estratégias executivas montadas pelos metacomponentes. São as operações básicas envolvidas em qualquer ato cognitivo que capacitam os indivíduos a codificar

estímulos, reter informação na memória de curto prazo, realizar cálculos mentais, comparar mentalmente estímulos distintos e resgatar informação da memória de longo prazo.

- Componentes de Aquisição de Conhecimento: São os processos usados no acúmulo e armazenamento de novos conhecimentos, ou seja, aqueles que conferem capacidade de aprendizagem. Envolve, dentre outras, as estratégias utilizadas para ajudar a memorização.
- Faceta Criativa (Sub-teoria Experiencial): Envolve *insights*, sínteses e a habilidade de reagir a novas situações e estímulos. Trata-se dos aspectos experienciais da inteligência, refletindo como um indivíduo conecta o seu mundo interno à realidade externa. Permite a ocorrência do pensamento criativo e o potencial para o ajuste inovador e eficaz a novas situações. Constitui-se de:
 - Novidade: Mecanismos responsáveis pela capacidade de lidar com novas situações.
 - Automatização: Componentes que possibilitam a automatização do processamento da informação.
- Faceta Prática (Sub-Teoria Contextual): Envolve a habilidade de apreender, compreender e lidar com tarefas cotidianas. Trata-se do aspecto contextual da inteligência e reflete como um indivíduo se relaciona com o mundo externo a seu redor, ou seja, a proposital adaptação, modelagem e seleção dos ambientes reais relevantes para a vida. Inclui não apenas habilidades mentais, mas também fatores emocionais, atitudinais e de sociabilidade que podem ser chamados de "malícia". Compõe-se de:
 - Adaptação: Capacidade de mudar a si mesmo em função do ambiente e das pessoas de modo a poder atingir metas pessoais.
 - Modelagem: Capacidade de mudar o ambiente e as pessoas de modo a poder atingir metas pessoais.

- Seleção: Capacidade de, na eventualidade do insucesso da Adaptação e da Modelagem, escolher e migrar para um novo ambiente, com novas pessoas, onde as metas possam ser atingidas.

A Teoria da Mediação Cognitiva estipula a existência de mecanismos de processamento interno que são as estruturas cognitivas responsáveis pela realização e coordenação das operações lógicas. Com relação ao papel destas estruturas e a equivalência destas com a faceta analítica da Teoria Triárquica da Inteligência de Sternberg, Souza (2004) comenta que:

O papel destas estruturas é o de fornecer a capacidade básica para o processamento de informações de modo a permitir a elaboração, alocação e execução de algoritmos, possibilitando a criação e utilização dos mecanismos de mediação interna. Esse construto apresenta uma perfeita equivalência com a Faceta Analítica da Teoria Hierárquica de Sternberg, na qual os Componentes de Aquisição de Conhecimento permitem a assimilação de algoritmos, os Componentes de Desempenho permitem a sua implementação e os Metacomponentes podem controlar o funcionamento do sistema (SOUZA, 2004, p. 128).

De maneira resumida, as outras duas Facetas da Teoria Triárquica (a Criativa e a Prática) envolvem a interação entre o indivíduo e o mundo exterior, realizando funções que possibilitam a capacidade de adaptação por assimilação e/ou criação de sequências inéditas de operações lógicas (novos algoritmos).

Com relação à incorporação destes aspectos à TMC, Souza (2004) comenta que:

À luz da TMC, essas sub-teorias de Sternberg explicam o surgimento e funcionamento dos mecanismos internos de mediação, exceto apenas pela diferença de que, no caso da primeira, considera-se que a função primordial dessas estruturas cognitivas seria a de possibilitar o uso de sistemas externos (físicos, sociais, culturais e/ou hiperculturais) como dispositivos computacionais (mecanismos externos), com as demais funções sendo conseqüências secundárias (Souza, 2004, p. 128).

Embora tanto a Teoria Triárquica da Inteligência quanto a TMC baseiem-se no paradigma do processamento de informações, existe uma diferença fundamental entre elas. A primeira estabelece um modelo da cognição humana baseado numa metáfora com um computador, mas a segunda propõe um modelo baseado numa metáfora com uma rede de computadores. Assim sendo, a teoria de Sternberg (1985) tenta explicar a cognição humana exclusivamente em

termos de estruturas individuais internas em interações complexas e adaptativas com um ambiente mutável, enquanto a TMC procura fazer o mesmo expandindo a metáfora computacional para um grande conjunto de sistemas individuais interagindo por meio de redes complexas em arquiteturas distribuídas.

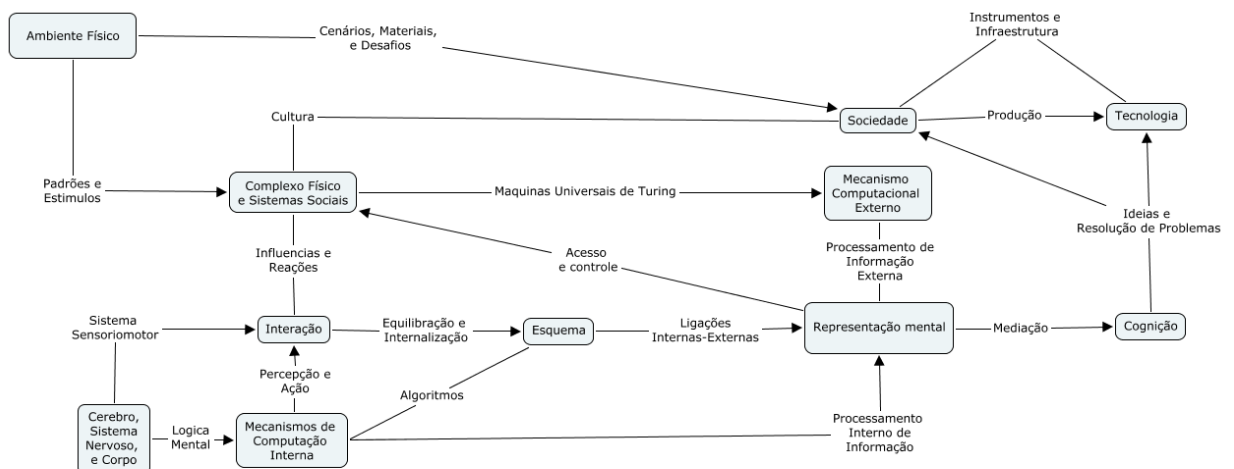
A seguir, Souza (2004) conclui o diálogo das duas teorias comentando que:

Na Teoria Triárquica de Sternberg, considera-se que as Facetas Analítica, Criativa e Prática permitem o aprendizado de novos conhecimentos, a capacidade de adaptação a situações inéditas e a interação eficaz com o ambiente. Por esse motivo, é razoável dizer que uma expectativa teórica desse modelo é que, em virtude das mudanças tecnológicas, sociais e culturais ocorridas na Revolução Digital, seja observada a emergência de diversas novas capacidades mentais como uma forma de adaptação. A TMC incorpora as expectativas acima acrescentando a elas a estruturação de novos mecanismos externos através da emergência de uma Hiperultura composta de redes interativas complexas (Souza, 2004, p. 129).

1.1.7 Mapa conceitual da TMC

A Figura 2, abaixo, mostra um mapa conceitual que descreve a integração entre alguns elementos e conceitos “emprestados” a partir das teorias de Piaget, Vygotsky, Vergnaud e Sternberg.

Figura 2 – Mapa conceitual da Teoria da Mediação Cognitiva



Fonte: (SOUZA *et al.*, 2012, tradução nossa)

Neste mapa conceitual não existe um início nem um fim e, ao analisá-lo, percebe-se a interação entre os conceitos que “conversam” entre as teorias. A partir deste mapa conceitual, observa-se, por exemplo, que os mecanismos computacionais internos processam internamente a informação e formam uma representação mental que é mediada cognitivamente e pode realizar um aprendizado para resolver um problema tecnológico ou social.

Ou ainda pode-se ver, por outro caminho, que um mecanismo computacional externo processa a informação, gera a representação mental que segue o caminho da cognição e pode resolver um problema tecnológico ou social.

A ideia da Teoria da Mediação cognitiva, de que o ser humano expandiu sua capacidade cognitiva resolvendo problemas complexos para um estilo de vida mais confortável resultando em tecnologia, também pode ser visto neste mapa conceitual.

1.1.8 Alguns exemplos de aplicabilidade da TMC

Mesmo sendo uma teoria desenvolvida há pouco tempo, a TMC tem sido usada como referencial teórico de trabalhos de pesquisa na área do ensino de ciências. Citamos um artigo (RAMOS e ANDRADE NETO, 2013) que tenta explicar como são internalizadas as competências adquiridas quando um aluno utiliza computadores. Neste estudo, os autores trazem um exemplo de mediação cognitiva em rede durante a utilização de um *software* de modelagem molecular.

Os autores Ramos e Andrade Neto (2013) concluem:

Na medida em que o estudante tem contato com o resultado da simulação computacional de modelagem molecular, parte do seu conteúdo é internalizado e essa nova informação é confrontada com os *drivers* presentes na estrutura cognitiva do estudante. Este processo é análogo ao processo de equilíbrio piagetiano e, a partir dele, novos *drivers* são criados para resolver o problema que lhes é apresentado. É dessa forma que os *drivers* - que funcionam como máquinas virtuais - são, aparentemente, consolidados em *scripts*, assim como novos *drivers* são criados por mediação com o computador (RAMOS e ANDRADE NETO, 2013, p. 7).

Pode ser destacado também o estudo de caso envolvendo isomeria geométrica (RAUPP, *et al.*, 2010). Neste trabalho, estudantes de ensino médio

utilizam *softwares* de construção de modelos moleculares e o objetivo do estudo é “*investigar como ocorre a evolução da capacidade representacional dos estudantes de química de nível médio após o uso de um software de construção de modelos moleculares*” (ibid, p. 20). A metodologia do trabalho envolveu três etapas: uma revisão dos conteúdos sobre isomeria geométrica; um pré-teste envolvendo resolução de problemas de representação dos isômeros trabalhados; o uso do *software ChemSketch 10.0* (ACDLabs) e um pós-teste similar ao pré-teste, após o uso do *software*.

O aporte teórico da TMC permitiu aos autores a análise do conteúdo dos dados coletados no experimento no sentido de detectar uma possível evolução na habilidade de representação das moléculas, causada pela utilização do *software*:

Esta evolução, quando detectada, é, de acordo com a TMC, causada pela equilibrção de elementos inerentes à lógica externa de representações assimiladas durante a interação com o *software* e a posterior acomodação de suas lógicas pré-existentes em função da assimilação das lógicas recém-assimiladas. Estas lógicas lidam com a maneira de representar moléculas embutida no programa (lógica assimilada) e pelo estudante (lógica pré-existente). (RAUPP et. al. 2010, p. 23)

Após a análise dos dados, os autores concluem:

Ao interagirem com os conteúdos científicos em sala de aula, os estudantes constroem representações mentais que representam uma internalização dos invariantes operatórios com os quais interagem. Mais ainda, tais representações vêm acompanhadas de verdadeiros teoremas-em-ação que refletem os padrões e a dinâmica dos objetos com os quais se interage. (...) O uso deste *software* aparentemente auxilia na internalização destas representações, após o estudante fazer uso delas externamente, pela internalização das representações e dos invariantes operatórios associados com a construção de modelos 3D e a rotação destes modelos. Eventualmente, isso leva a uma acomodação, onde os invariantes e representações pré-existentes na estrutura cognitiva do estudante são transformados em função da nova lógica que o *software* apresenta. (ibid, p. 31).

Outro exemplo é um artigo que envolve a internalização de conceitos envolvendo Eletrostática (ROCHA e ANDRADE NETO, 2013). Neste trabalho, uma atividade de simulação computacional de Eletrostática foi aplicada a dois grupos de estudantes de engenharia, sendo sete estudantes do grupo experimental e seis do grupo controle.

A metodologia do trabalho envolveu cinco etapas: um pré-teste envolvendo resolução de problemas de Eletrostática com todos os alunos da amostra; a

entrevista deste pré-teste; o uso do *software* de simulação on-line “Taxas e campos”; a aplicação do pós-teste similar ao pré-teste, após o uso do *software*; e por último a entrevista do pós-teste.

O aporte teórico da TMC permitiu aos autores a análise do conteúdo dos dados coletados no experimento no sentido de detectar uma possível evolução na habilidade de representação das moléculas, causada pela utilização do *software*:

A análise do pós-teste em conjunto com a entrevista do pós-teste evidencia uma clara mudança conceitual por parte dos estudantes do grupo experimental. Enquanto os alunos do grupo controle continuam com *drivers* psicofísicos culturais os estudantes do grupo experimental, que foram submetidos à intervenção do *software*, evidencia uma mudança cognitiva devido a esse processo, caracterizada pela aquisição de *drivers* hiperculturais (ROCHA e ANDRADE NETO, 2013, p. 6).

O uso da expressão "Mediação Cognitiva" justifica-se porque a mediação é considerada não como apenas uma fonte de viés ou como um "filtro" perceptivo, mas sim um processo cognitivo extracerebral complexo e ao menos parcialmente autônomo. Em resumo, faz-se uma distinção entre o conceito tradicional de mediação (interações sujeito-objeto que se dão necessariamente por meio de canal ou espaço transformador) e o novo conceito que está sendo introduzido (utilização de componentes extra-cerebrais presentes no ambiente como suporte cognitivo).

2 MÉTODO, MATERIAIS E INSTRUMENTOS

Este capítulo apresenta a descrição do universo envolvido na experimentação durante a investigação, do método, dos procedimentos e dos instrumentos utilizados para a produção de dados.

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PESQUISA

Neste experimento, o ser humano representa o foco principal da pesquisa, e ao elaborarmos um instrumento de pesquisa no âmbito da educação estamos diante de escolhas subjetivas feitas por este ser humano. Com isso, pretende-se utilizar os métodos mistos de análise de dados que sugerem um método qualitativo juntamente com um método quantitativo, pois no paradigma subjacente a estes métodos mistos, há uma maior capacidade de aprender a complexidade da sociedade moderna e da tecnologia, diminuindo as deficiências das abordagens quantitativas e das qualitativas, principalmente pelas amplas possibilidades que proporcionam aos pesquisadores que podem atuar de forma apropriada ao que cada investigação solicita (SPRATT, *et al.*, 2004).

Esta pesquisa busca, a partir da identificação dos significados (escritos e falados) contidos nas ações dos estudantes, apontar possíveis mudanças conceituais com relação aos conceitos de Eletromagnetismo após o uso de um *software* de simulação baseado nos princípios descritos por Souza (2004).

2.2 TRAJETÓRIA

O autor, formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Pelotas/RS (UCPEL) em 2011, trabalhou na manutenção portuária do terminal de containers (TECON) em Rio Grande/RS, e depois ingressou como professor no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul RioGrandense (IFSul)

campus Camaquã/RS. Pelo fato de os profissionais das engenharias em geral não terem nenhum tipo de formação pedagógica, este optou por fazer uma especialização em Metodologias de Ensino na Educação Superior.

Após isso, o autor ingressou no Programa de Pós graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECIM na Universidade Luterana do Brasil – ULBRA/Canoas, vinculando-se à linha de pesquisa Tecnologias de Informação e Comunicação para o Ensino de Ciências e Matemática (TIC) com objetivo de estudar, com base em alguma teoria de aprendizagem, as influências do uso de uma ferramenta computacional no auxílio do processo de ensino-aprendizagem especificamente de alguns conceitos de Eletromagnetismo.

Para isso, figurou como base teórica deste trabalho de pesquisa, a Teoria da Mediação Cognitiva de Souza (2004), pois particularmente esta teoria se apresenta de forma atual e dialoga com diversas outras já existentes a mais tempo. A teoria escolhida para fundamentar a investigação foi estudada inicialmente pelo autor como sugestão do seu orientador que ministrou a disciplina Teorias de Ensino e Aprendizagem para o Ensino de Ciências e Matemática durante o primeiro ano do curso de mestrado.

Os dois simuladores computacionais escolhidos são disponibilizados pelo *MIT Open Course Ware*, que é uma rede de cursos abertos mantida pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Este Instituto disponibiliza através de seu site¹ vários materiais que são utilizados em seus programas, por isso a escolha de trabalhar com estes *softwares* foi devido ao fato de estes serem *softwares livres* e por existirem poucas pesquisas relacionadas ao uso destes softwares.

Algumas pesquisas têm defendido a utilização dos softwares livres como recursos para a inclusão social e para a democratização dos benefícios tecnológicos (SILVEIRA, 2005). Ainda Rojas *et al.* (2008) comentam do crescimento do emprego dos softwares na atualidade e que o *software livre* apresenta-se como uma grande janela de oportunidades para se alcançar independência na construção dos programas de computador. Inclusive existem no Brasil algumas iniciativas para incentivar a criação dos chamados centro de competências em *softwares* livres, pois acredita-se que esta ferramenta é eficaz no apoio ao ensino, pesquisa e extensão (SILVEIRA *et al.*, 2013).

2.3 PRODUÇÃO DE DADOS

Os instrumentos utilizados para a produção dos dados constituem-se do pré-teste, seguido por uma pré-entrevista gravada em áudio e do pós-teste e da pós-entrevista para comparar a possível evolução conceitual de cada estudante antes e após a intervenção. Além destes dois instrumentos principais, foram também utilizadas as respostas dos dois roteiros propostos de simulação produzidos pelos estudantes.

A escolha por um estudo de caso deu-se porque esta abordagem, segundo Yin (1994), se adapta à investigação em educação, quando o investigador é confrontado com algumas situações complexas, de tal forma que dificulta a identificação das variáveis consideradas importantes, quando o investigador procura respostas para o "como?" e o "porquê?", tentando assim encontrar interações entre fatores relevantes próprios dessa entidade, quando o objetivo é descrever ou analisar o fenômeno, a que se acede diretamente, de uma forma profunda e global, e quando o investigador pretende apreender a dinâmica do fenômeno, do programa ou do processo.

Pretende-se tratar estes dados utilizando métodos mistos, pois segundo Coutinho e Chaves (2002):

se é verdade que na investigação educativa em geral abundam sobretudo os estudos de caso de natureza interpretativa/qualitativa, não menos verdade é admitir que, estudos de caso existem em que se combinam com toda a legitimidade métodos quantitativos e qualitativos.(COUTINHO e CHAVES, 2002).

Durante a coleta de dados dos pré-testes e dos pós-testes prevaleceu a metodologia qualitativa, sob a forma de questões discursivas e objetivas que foram analisadas juntamente com as entrevistas gravadas. Porém, numa perspectiva de validar os dados coletados e tornar os resultados mais fidedignos, foi realizada uma análise quantitativa. Assim, os dados qualitativos coletados também tiveram uma análise quantitativa. Esta análise é sugerida por Creswell (2007) como sendo um projeto explanatório sequencial QUAL→quant: iniciando com a coleta de dados e a análise qualitativa e posteriormente realizando a coleta e análise de dados

¹ Disponível em: < <http://ocw.mit.edu/index.htm> > Acesso em 29 de julho de 2014.

quantitativa e a interpretação de toda a análise. Este processo será apresentado mais adiante.

Na análise de dados qualitativos, Ludtke *et al.* (1986) sugerem uma delimitação progressiva dos dados coletados. Os autores sugerem um “afunilamento” dos dados coletados, dos dados gerais para os mais específicos, até chegar às teorias. O afunilamento destes dados se deu em três etapas, primeiro foram definidos, mediante a utilização das simulações, os conceitos de Eletromagnetismo que são de fundamental importância para o Técnico em Automação Industrial. Depois, partindo de uma visão geral dos dados produzidos, foram caracterizadas as categorias que serão utilizadas na análise quantitativa dos dados, e por último cada um dos conceitos foi classificado segundo os critérios, isso para cada estudante, sendo que as respostas deles foram analisadas por meio das categorias propostas.

2.4 DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS

As simulações foram utilizadas para explorar conceitos fundamentais que envolvem a lei de Faraday-Lenz durante o estudo de Eletromagnetismo, pois estas ideias servem de base para que o aluno do curso técnico em Automação Industrial avance no curso.

Esta lei é regida pela Equação 1 mostrada abaixo.

Equação 1 – Lei de Faraday-Lenz

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Fonte: Silva *et al.* (2014)

Em Tavares (2011, p. XII - 2) a definição da lei de Faraday é dada por:

“Um circuito elétrico fechado, sujeito a uma variação de fluxo magnético em seu interior, gera uma f.e.m.¹ cujo valor é proporcional à taxa da variação do fluxo.”

A lei de Lenz é o sinal negativo da Equação 1, que Tavares (2011, p. XII - 3) define como:

“O fluxo criado pela corrente induzida tem sempre sentido tal a se opor à variação do fluxo original do circuito, ou seja tende a manter o fluxo constante.”

Todos os seis conceitos foram tirados do livro Eletricidade, Magnetismo e Consequências (TAVARES, 2011) e foram definidos como:

- (I) Um condutor percorrido por uma corrente elétrica cria em torno de si um campo magnético;
- (II) A corrente induzida em um anel condutor se dá pela variação do fluxo magnético através da área delimitada pelo anel condutor;
- (III) Se o anel condutor movimentar-se em relação ao campo magnético também terá uma corrente induzida nele;
- (IV) Quanto maior for a resistência do anel condutor menor será a corrente elétrica induzida nele;
- (V) Quanto maior for a variação da intensidade do campo **magnético** maior será o módulo da corrente **elétrica** induzida nele (sob o mesmo intervalo de tempo);
- (VI) A corrente induzida gera um fluxo que se opõe à variação do fluxo indutor.

Logo após, esta definição dos conceitos de Eletromagnetismo que foram trabalhados nos pré-testes, nos pós-testes e nas simulações, como já foi citado, cada conceito foi definido, para cada aluno, em uma categoria (item 2.5) de entendimento para que os dados fossem analisados.

¹ fem: Grandeza escalar cuja unidade é o Volt.

2.5 DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DOS DADOS

As características da compreensão dos conceitos acima citados foram diferenciadas em:

- ✓ (CT) Compreensão total: quando o aluno responde de acordo com o conhecimento científico disciplinar;
- ✓ (CP) Compreensão parcial: quando ele responde as questões de forma parcialmente correta, ou seja, dentro de uma perspectiva disciplinar apresenta falhas nos conceitos, nos cálculos ou em ambos;
- ✓ (CE) Concepção espontânea: quando este utiliza suas concepções espontâneas ou alternativas para responder;
- ✓ (NC) Nenhuma compreensão ou Indefinido: quando o estudante responde de maneira inadequada ou não ofereceu resposta.

Por último, cada um dos conceitos foi classificado segundo os critérios para cada estudante, sendo que as respostas deles foram analisadas através das quatro categorias. Segundo Ludke e André (1986) para obter-se uma análise fidedigna de dados qualitativos deve ser utilizado o maior número possível de instrumentos na coleta e análise dos dados. Por isso, além dos pré-testes e pós-testes, utilizamos também a análise das pré-entrevistas e pós-entrevistas e os roteiros durante a análise de alguns conceitos.

Assim, sempre que necessário, utilizávamos os roteiros na etapa "predizer" ao analisarmos os pré-testes e pré-entrevistas, e a etapa "explicar" ao analisarmos o pós-testes e a pós-entrevista ao classificar as respostas dos estudantes na análise dos pré-testes e dos pós-testes.

A classificação das respostas dos estudantes durante a análise dos dados se deu da seguinte forma:

CT – Quando o aluno respondia as questões utilizando os conceitos corretos deste fenômeno ou o desenhava de alguma forma ou dando uma correta explicação durante a entrevista.

CP – Quando o estudante utilizava esta ideia para responder corretamente algumas questões e as utilizava de maneira incorreta em alguns momentos.

CE – Quando o estudante utilizava respostas como “Sim” ou “Não” sem uma justificativa ou sem saber a explicação correta nas entrevistas.

NC – Quando os estudantes respondiam “não sei” ou deixavam em branco as alternativas, ou não sabiam explicar o fenômeno.

Após esta categorização das respostas dos alunos, foram atribuídos valores para a análise quantitativa. Esta análise gerou dados referentes ao momento antes da intervenção da simulação e dados referentes ao momento após a simulação para que a análise quantitativa fosse feita.

As categorias, para cada conceito, foram quantificadas em escala ordinal de 1 a 4 como:

- ✓ Compreensão Total = 4;
- ✓ Compreensão Parcial = 3;
- ✓ Concepção Espontânea = 2;
- ✓ Nenhuma compreensão ou Indefinido = 1;

2.6 ANÁLISE DOS DADOS

A análise das entrevistas se deu de maneira qualitativa, no momento da obtenção de dados das entrevistas realizadas. Estes dados foram obtidos em contato direto do pesquisador nas entrevistas que foram semiestruturadas, pois seguiam um roteiro mínimo em torno do qual todos os estudantes foram entrevistados.

A análise das respostas dos estudantes nos pré-testes e nos pós-testes se deu de maneira qualitativa, porém interpretativa, pois no âmbito da investigação interpretativa, a opção tomada vai para a modalidade de estudo de caso qualitativo,

por se pretender responder a questões de natureza explicativa, do tipo "como" e "por que", que proporcionem uma descrição holística de um fenômeno sobre o qual o investigador não tem, nem deseja ter, qualquer controle, e que está bem identificado e delimitado (Merriam, 1988; Yin, 1989).

Como já foi citado, a análise qualitativa ocorreu neste momento de transformação dos dados dos pré-testes, pós-testes, pré-entrevistas e pós-entrevistas em tabelas numéricas, com isso, por meio destes resultados (quantificados) analisamos a compreensão dos conceitos pelos estudantes (antes e após o uso da simulação computacional) através de duas análises quantitativas:

1. Análise utilizando o teste de Significância para uma média populacional (MOORE, et al., 2014, p. 352) ou *t-student*. Este teste visa verificar as médias de compreensão dos conceitos, em ambos os grupos, em diferentes momentos (pré-testes e pós-testes). Neste teste, a comparação entre as médias foi considerada significativa quando p era menor que 5% ($p < 0,05$);
2. Análise através das médias aritméticas simples feita antes e depois da utilização dos *softwares*.

Para isso foi utilizado o programa Microsoft – Excel 2010, onde foram realizados estes testes, e os resultados foram apresentados na forma de tabelas e gráficos.

2.7 IMPORTÂNCIA DO TESTE PILOTO

O teste piloto teve um papel de grande importância para este trabalho. Por meio dele, tivemos noções concretas em relação aos problemas enfrentados na aplicação do trabalho como: tempo necessário para desenvolver as atividades e, principalmente, constatações de problemas em relação aos instrumentos utilizados.

Em relação aos instrumentos (pré-teste, pós-teste e os roteiros) utilizados na aplicação piloto é importante destacar as principais críticas:

1. No pré-teste os alunos não tinham questões dissertativas, o que limitava a uma análise mais quantitativa da sua resposta. Com isso, durante a análise das respostas dos estudantes, o instrumento de coleta de dados não possibilitava investigar todos os conceitos científicos sugeridos.
2. Percebemos a importância de realizar uma entrevista gravada com os alunos, o que possibilitou uma maior compreensão do que eles poderiam tentar resolver nos testes.

Em síntese, a aplicação do teste piloto teve uma importância significativa na elaboração dos instrumentos utilizados nesta pesquisa. Do piloto percebemos as falhas nos instrumentos, variáveis não previstas, surgiram as ideias e, do conjunto, resultaram os instrumentos atuais. Alguns destes aperfeiçoamentos foram a inclusão de questões discursivas nos pré-testes e nos pós-testes, e a proposição de uma questão que pedisse para que os alunos tentassem explicar o gráfico do fluxo magnético no roteiro de utilização do segundo *software*.

2.8 PRÉ-TESTE

Para verificar se houve uma evolução ou um desenvolvimento conceitual dos seis conceitos de Eletromagnetismo propostos, foram utilizados pré-teste e pós testes. Para a construção destes instrumentos, foi utilizado o artigo intitulado “*Surveying student’s conceptual knowledge of electricity and magnetism*” que quer dizer: Levantamento do conhecimento de eletricidade e magnetismo dos estudantes (MALONEY *et al.*, 2011, tradução nossa).

Este artigo trata da pesquisa conceitual de Eletricidade e Magnetismo que os alunos possuem, ele foi desenvolvido para avaliar a respeito de quais tópicos os alunos têm conhecimento nos assuntos que envolvem eletricidade e magnetismo. A pesquisa é composta por um teste de 32 perguntas de escolha múltipla e sugere que este teste pode ser utilizado como um pré-teste e como um pós-teste. Este material já foi utilizado como pré-teste e pós-teste e foi refinado e melhorado durante quatro anos, sendo utilizado por mais de 5000 estudantes de 30 diferentes instituições de ensino que tratam da introdução à Física. Alguns resultados da utilização destes

testes indicam uma série de dificuldades dos alunos em eletricidade e magnetismo (MALONEY *et al.*, 2011, p. 12).

Os autores se propuseram a estudar, por meio deste teste, sete assuntos referentes à eletricidade e ao magnetismo. Estes assuntos são pontuados abaixo:

1. Condutores e isolantes;
2. Lei de Coulomb;
3. Força e sobreposição de campo;
4. Força, campo, trabalho e potencial elétrico;
5. Força magnética;
6. Lei de Faraday;
7. Terceira lei de Newton (*ibid.*, tradução nossa);

O pré-teste utilizado nesta pesquisa empregou somente 4 das 32 questões de múltipla escolha, pelo fato de somente estas questões tratarem da Lei de Faraday como comentam os autores Maloney *et al.* (2011, p. 7, tradução nossa) “questões 29 a 32 lidam com a lei de Faraday e com a indução magnética”. Para o nosso estudo, foram adicionadas duas questões dissertativas ao teste. Como o foco da análise foi o de identificar como o estudante resolvia cada uma das questões, analisamos tanto o conteúdo do discurso quanto as respostas dos alunos a cada questão dos testes.

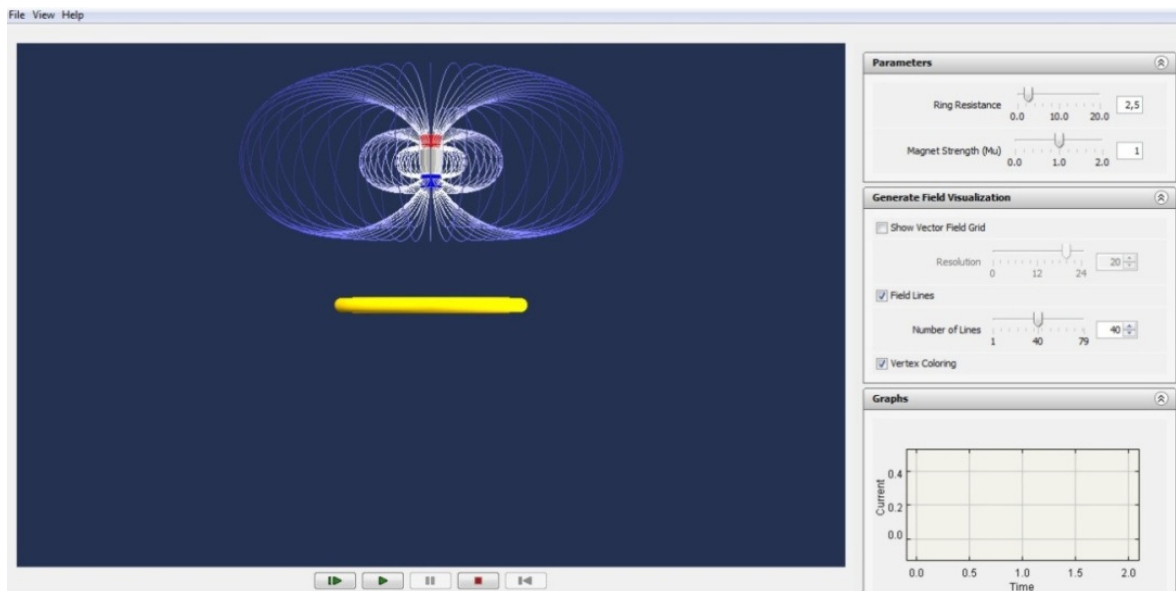
2.9 ROTEIRO DE ATIVIDADES I

Para esta pesquisa, foram aplicados dois roteiros de atividades para a utilização de dois Programas Computacionais diferentes que simulam situações que abordam a lei de Faraday-Lenz. Como já dito, antes da utilização destes *softwares*, foram aplicados pré-testes seguidos de uma entrevista gravada em áudio, e logo após a utilização dos *softwares*, foi pedido aos alunos que repetissem o mesmo teste¹, sendo novamente feita a entrevista gravada em áudio.

O primeiro *software* utilizado foi o *fallingmagnet*¹ (queda de um ímã) que é disponibilizado pela rede de curso aberto (*Open Course Ware*) do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Na Figura 3 pode-se observar a tela deste simulador computacional.

Este software propõe a representação de uma situação onde um ímã “cai” passando por entre um anel constituído de material ferromagnético. O usuário deste programa computacional pode dar início à simulação clicando no botão iniciar, ou pode ainda interromper, parar, avançar ou retroceder a simulação clicando nos botões dispostos abaixo dele (como pode ser visto na Figura 3).

Figura 3 – Tela do simulador “*fallingmagnet*”



Fonte: Simulador “*fallingmagnet*”

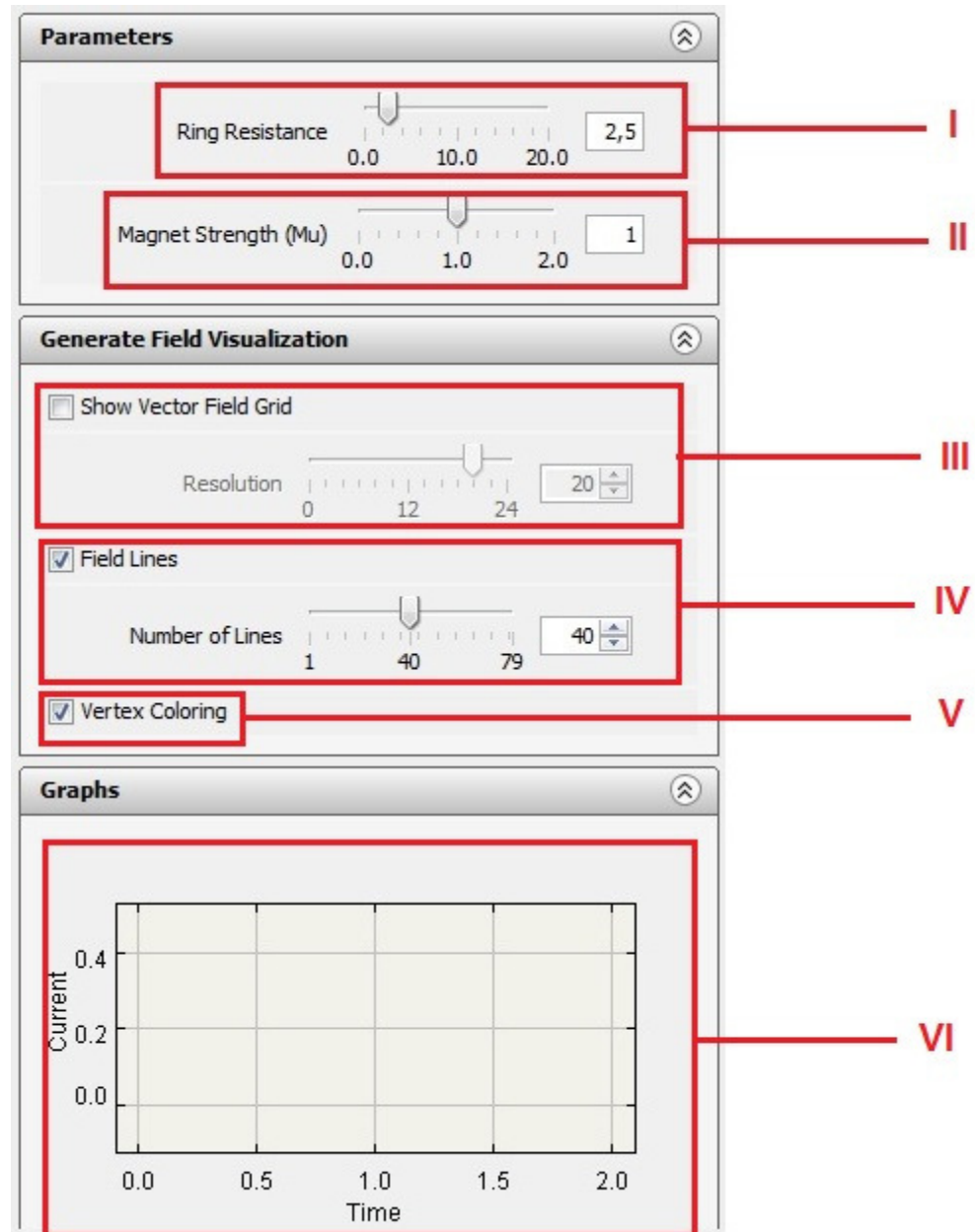
Do lado direito da tela do simulador (Figura 3) podem ser vistos alguns parâmetros que foram alterados durante as simulações propostas, estes parâmetros são melhores observados na Figura 4. O primeiro parâmetro (I), mostrado na Figura 4, altera os valores de resistência do anel, já o segundo parâmetro (II) altera os valores da intensidade² do campo magnético do ímã. Os parâmetros III, IV e V referem-se às opções de visualizações do campo magnético, sendo que o III mostra/altera os vetores do campo, o IV mostra as linhas de campo e também pode alterar o número de linhas e o V altera a coloração das linhas de campo. Ainda

¹ Disponibilizado em: <http://ocw.mit.edu/ans7870/8/8.02T/f04/visualizations/faraday/14-fallingmagnetapp/14-fallingmagapp320.html> Acesso em 29 de Julho de 2014.

² Neste simulador este parâmetro se chama “*Magnetic Strength*” que significa “intensidade do campo”.

existe o item VI que mostra um gráfico da possível corrente induzida no anel em função do tempo.

Figura 4 – Parâmetros do simulador I (“fallingmagnet”).



Fonte: Simulador “fallingmagnet”

Os parâmetros a serem alterados pelos alunos foram o I e o II, para que este aluno pudesse analisar as variações do movimento do ímã em relação ao anel, e assim observar o comportamento da corrente induzida no mesmo.

Para que o aluno utilizasse este primeiro simulador, um roteiro foi montado (Roteiro I – Apêndice C). Por meio desta primeira atividade, quatro simulações diferentes foram propostas aos estudantes.

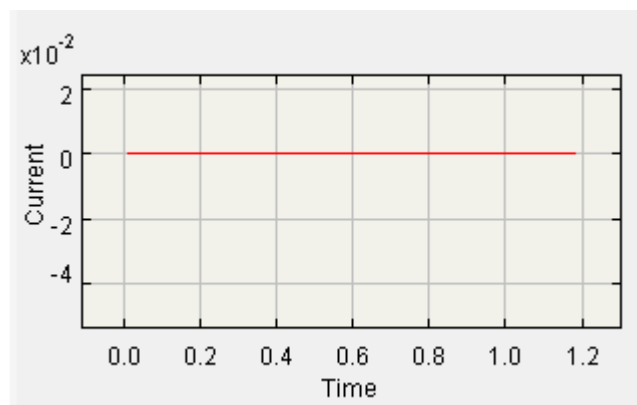
Para cada simulação, os alunos foram orientados a utilizar a técnica descrita como P.O.E. (Predizer-Observar-Explicar). Esta é bem conhecida e utilizada em simulações computacionais como estratégia para promover o conflito cognitivo estabelecido durante a simulação em programas de simulação (TAO e GUNSTONE, 1999).

Nesta técnica, primeiro tenta-se prever o que irá ocorrer antes da simulação e registrar este momento. Em seguida, ao efetuar a simulação, observa-se o que acontece e também se registra. Finalmente, pede-se ao aluno que ele compare o que ele esperava que fosse acontecer com o que aconteceu, tentando explicar diferenças entre o observado e o previsto, caso estas diferenças tenham existido. Ao explicar a atividade, foi dada ênfase para que o aluno não tentasse simular o comportamento antes de ter refletido sobre o que iria acontecer e ter registrado esta previsão no guia de utilização do *software*.

2.10 ATIVIDADES DO ROTEIRO I

A primeira atividade do Roteiro I consiste em alterar os parâmetros do simulador colocando a intensidade de campo do ímã em 0% do seu valor para que o aluno possa visualizar que não existe corrente induzida sem a existência de um campo magnético. Abaixo, na Figura 5, pode ser visto o resultado desta simulação.

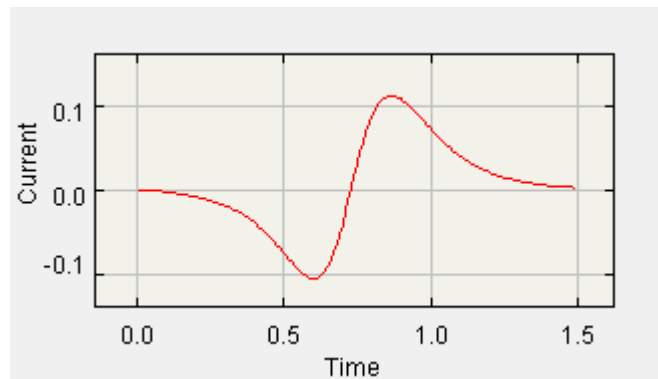
Figura 5 - Gráfico da corrente induzida no anel na atividade 1 do Roteiro I



Fonte: Simulador "*fallingmagnetic*".

A segunda atividade do roteiro I consiste em alterar os parâmetros do simulador colocando a intensidade de campo do ímã e a resistência do anel em 50% do seu valor máximo. Diante desta situação, o aluno poderá visualizar que surgirá uma corrente induzida no anel e que a intensidade desta depende da variação do fluxo sob a área delimitado pelo anel. Abaixo, na Figura 6, pode ser visto o resultado desta simulação.

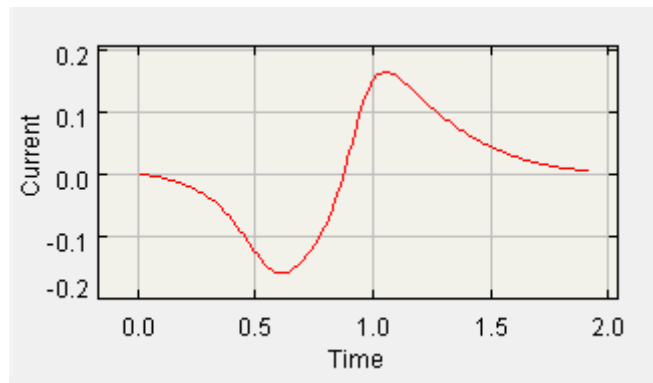
Figura 6 - Gráfico da corrente induzida no anel na atividade 2 do Roteiro I



Fonte: Simulador "fallingmagnetic".

A terceira atividade do roteiro I consiste em alterar os parâmetros do simulador colocando a resistência do anel em 50% do seu valor e a intensidade de campo magnético do ímã em 100% para que o aluno possa visualizar que a corrente induzida no anel depende da variação do fluxo sob o anel e também da intensidade do campo magnético. Neste caso, o ímã que possui um campo magnético mais intenso irá induzir uma corrente maior no anel. Abaixo, na Figura 7, pode ser visto o resultado desta simulação.

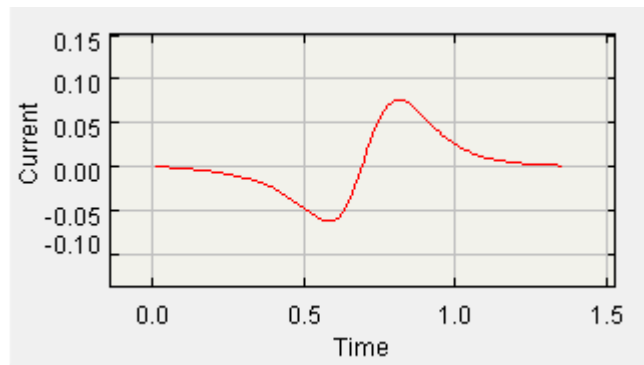
Figura 7 - Gráfico da corrente induzida no anel na atividade 3 do Roteiro I



Fonte: Simulador "Fallingmagnetic".

A quarta atividade do roteiro I consiste em alterar os parâmetros do simulador colocando a resistência do anel em 100% do seu valor e diminuindo a intensidade magnética do campo do ímã em 50% para que o aluno possa visualizar que com um campo magnético de menor intensidade e com a resistência elétrica maior induz-se uma corrente menor. Abaixo, na Figura 8, pode ser visto o resultado desta simulação.

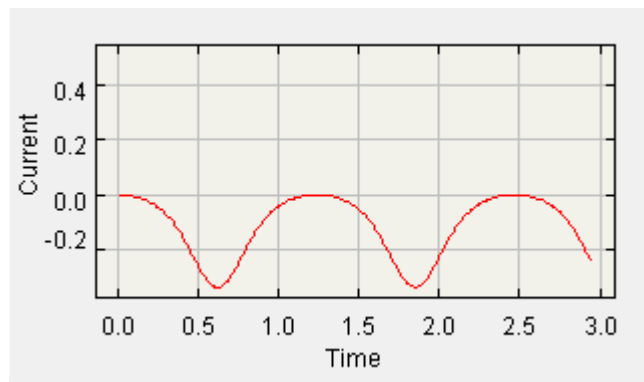
Figura 8 - Gráfico da corrente induzida no anel na atividade 4 do Roteiro I



Fonte: Simulador "fallingmagnetic".

A quinta atividade do roteiro I consiste em alterar os parâmetros do simulador colocando a resistência do anel em 0% do seu valor e aumentando a intensidade do campo magnético do ímã para 100% para que com isso o aluno possa visualizar que se o anel tivesse resistência zero o ímã nunca passaria por dentro, pois o campo criado pela corrente induzida no anel se opõe a variação do fluxo indutor (lei de Lenz). Abaixo, na Figura 9, pode ser visto o resultado desta simulação.

Figura 9 - Gráfico da corrente induzida no anel na atividade 5 do Roteiro I

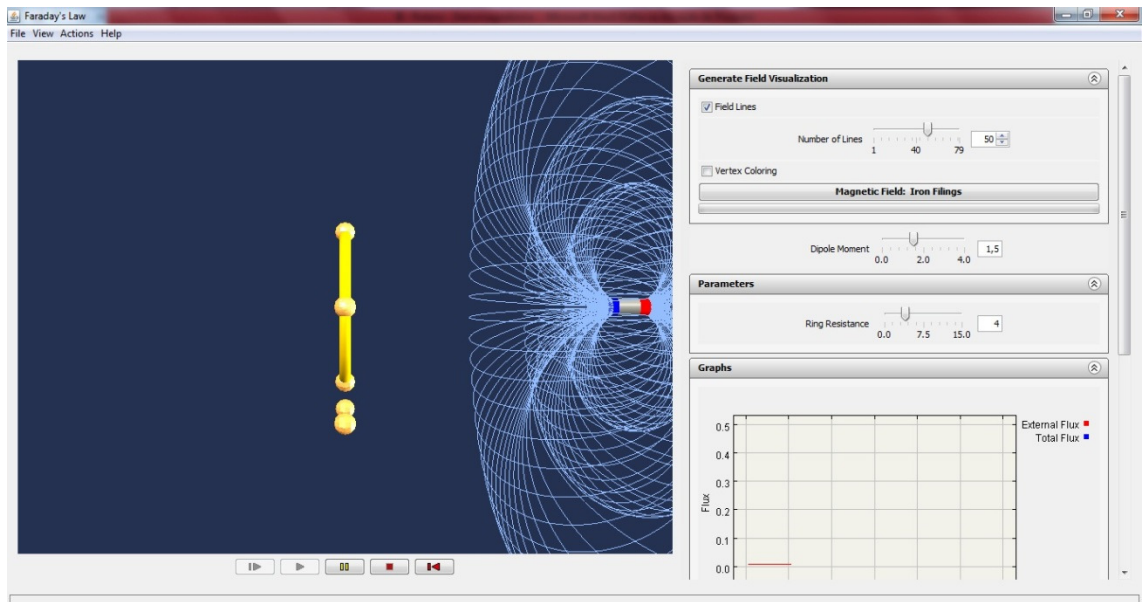


Fonte: Simulador "fallingmagnetic".

2.11 ROTEIRO DE ATIVIDADES II

Para a segunda atividade foi proposta a aplicação de outro roteiro (Roteiro II – Apêndice D) aos mesmos alunos, e o programa computacional desta simulação foi o *faradayslaw*¹ (lei de Faraday) que é disponibilizado também pela rede de curso aberto (*Open Course Ware*) do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Este outro *software* dá uma ênfase a outros aspectos da lei de Faraday-Lenz, e na Figura 10 pode-se observar a tela deste simulador computacional.

Figura 10 - Tela do simulador “*faradayslaw*”.



Fonte: Simulador “*faradayslaw*”.

Esta simulação se diferencia da primeira, pois a primeira mostra a queda de um ímã e esta mostra o movimento de ida e volta constante do ímã sob o anel, como um modo gerador. Este programa mostra um gráfico da corrente induzida em função do tempo no anel e outro gráfico que mostra o fluxo magnético total envolvido e o fluxo no anel.

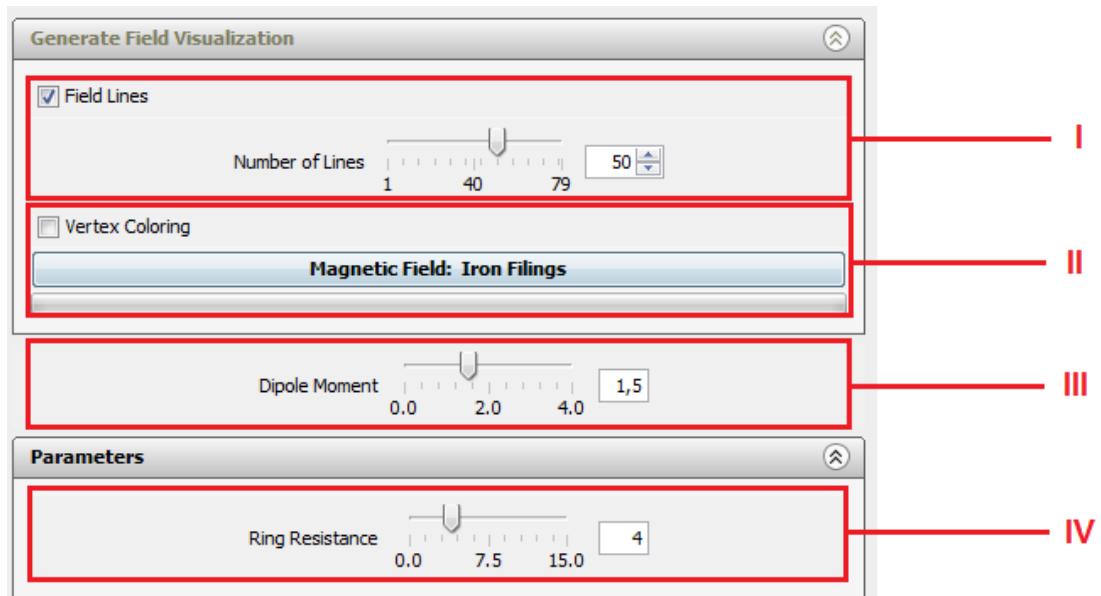
Do lado direito da tela do simulador (Figura 10) podem ser vistos alguns parâmetros que serão alterados durante as simulações propostas, estes parâmetros são melhores observados na Figura 11.

¹ Disponibilizado em: <http://ocw.mit.edu/ans7870/8/8.02T/f04/visualizations/faraday/12-faradayapp/12-faradayslaw320.html>

O primeiro parâmetro (I), mostrado na Figura 11, altera o número de linhas de campo do simulador, já o segundo parâmetro (II) altera as formas de visualização do experimento deixando o vértice do ímã com uma cor mais forte (*“Vertex Coloring”*) ou mostrando o campo magnético através de limalhas de ferro (*“Magnetic Field: Iron Filings”*).

O parâmetro III altera os valores da intensidade de campo magnético¹, e no parâmetro IV os valores da resistência do anel podem ser alterados. Os parâmetros a serem mudados pelos alunos foram o III e o IV, para que este aluno pudesse analisar as variações do movimento do ímã em relação ao anel, e assim observar o comportamento da corrente induzida no mesmo.

Figura 11 – Parâmetros do simulador II (*“faradayslaw”*).



Fonte: Simulador *“faradayslaw”*.

Este segundo roteiro de atividades consiste em duas simulações diferentes que serão explicadas abaixo. Estas simulações consistem na técnica descrita como P.O.E. Nos roteiros I e II também possuem espaços para que os estudantes possam desenhar os gráficos durante a previsão e a explicação de cada experimento (como pode ser visto nos Apêndice C e D).

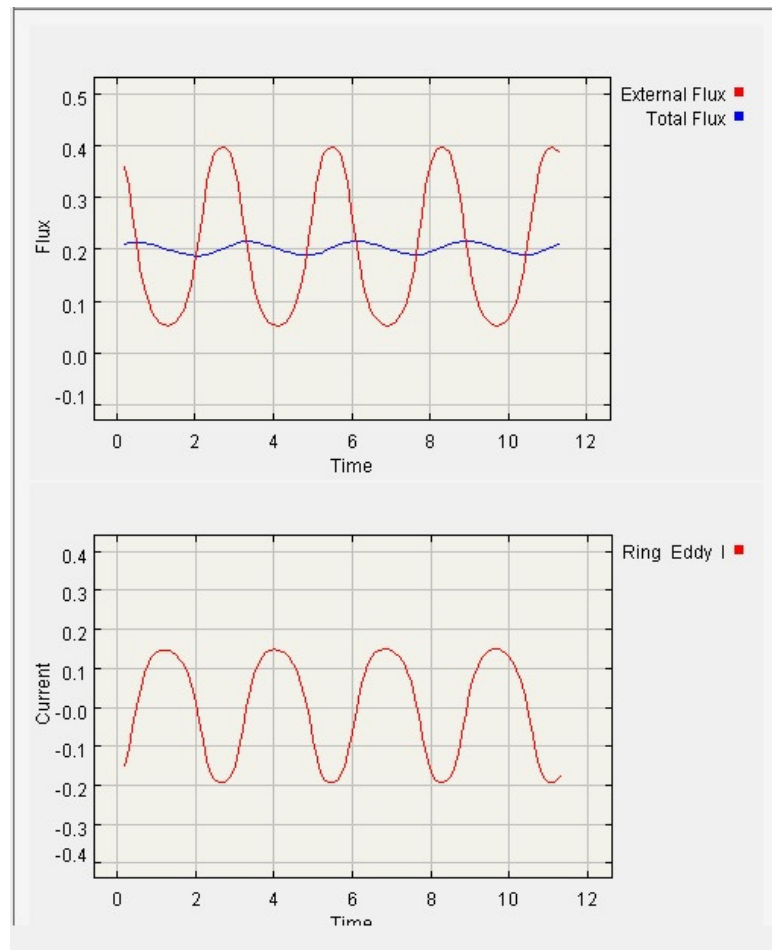
¹ Neste simulador este parâmetro se chama *“Dipole Moment”* que significa *“Momento de dipolo”*, e este termo se refere à intensidade de campo do ímã (H). O campo magnético produzido pelo ímã é proporcional ao seu dipolo magnético, portanto se aumentarmos o dipolo magnético a intensidade de campo magnético (H) será aumentada.

2.12 ATIVIDADES DO ROTEIRO II

A primeira atividade do roteiro II consiste em alterar os parâmetros do simulador fixando os valores do número de linhas de campo e o valor da intensidade de campo magnético. Para a primeira atividade pede-se para colocar a resistência do anel no menor valor possível e na segunda atividade pede-se para colocar no maior valor possível. Este simulador apresenta um gráfico a mais que compara o fluxo total do sistema e o fluxo externo ao anel.

O objetivo da atividade I consiste na compreensão de que com a resistência muito baixa a corrente induzida é alta e a maior parte da energia do sistema é disposta no fluxo externo ao anel devido à corrente induzida. A corrente induzida causa um campo que se opõe à variação do fluxo indutor (lei de Lenz). Abaixo, na Figura 12, pode ser visto o resultado desta primeira simulação no *software II*.

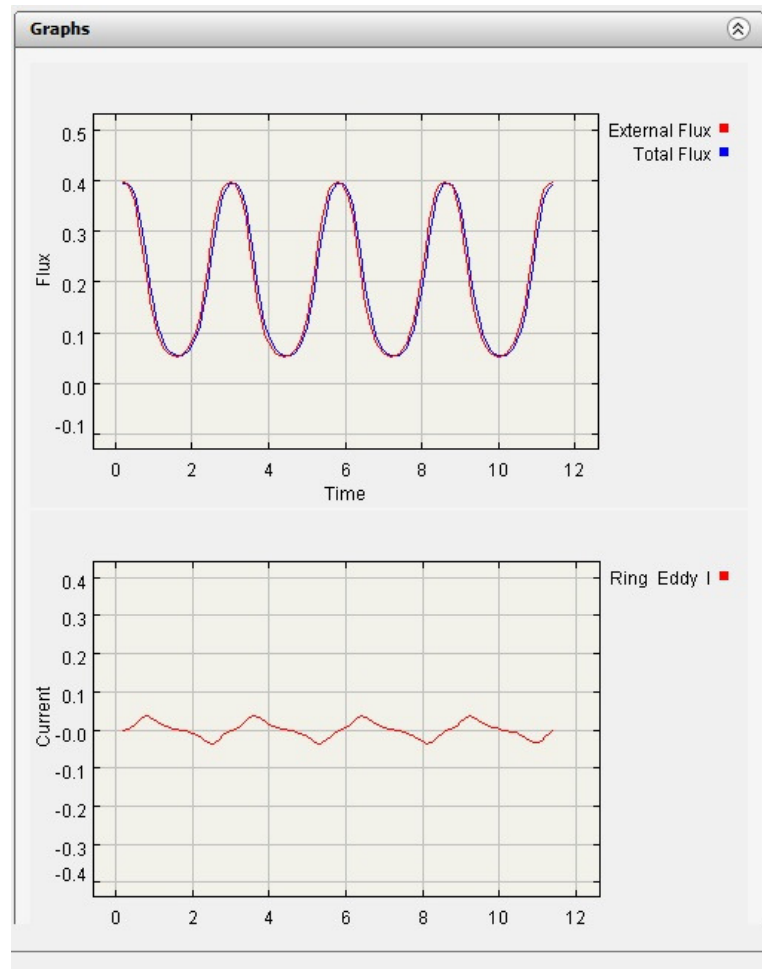
Figura 12 - Gráfico da corrente induzida no anel na atividade 1 do Roteiro II



Fonte: Simulador "*faradayslaw*".

O objetivo da atividade II consiste na compreensão de que com a resistência muito alta praticamente não haverá corrente induzida no anel, e a maior parte da energia do sistema se torna no próprio fluxo externo à bobina. Abaixo, na Figura 13, pode ser visto o resultado desta simulação.

Figura 13 - Gráfico da corrente induzida no anel na atividade 2 do Roteiro II



Fonte: Simulador "faradayslaw"

2.13 PÓS-TESTES

Para verificar se houve uma evolução ou um desenvolvimento conceitual dos seis conceitos de Eletromagnetismo propostos foram utilizados pré-testes e pós-testes. O pós-teste utilizado foi o mesmo que o pré-teste como sugerido por Maloney *et al.* (2011).

O pós-teste utilizado nesta pesquisa utilizou também somente 4 das 32 questões de múltipla escolhas propostas no artigo, e foram adicionadas duas questões dissertativas ao teste, como foi explicado no item 2.8.

2.14 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras formaram um grupo de análise. Este grupo foi constituído por cinco estudantes do segundo ano do curso técnico integrado em Automação Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense campus Camaquã/RS.

Este curso possui o regime integrado, ou seja, é um curso que é oferecido somente a quem já tenha concluído o Ensino Fundamental, sendo o curso planejado de modo a conduzir o aluno à habilitação profissional técnica de nível médio, na mesma instituição de ensino.

3 RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os aspectos abordados pelos estudantes nas respostas às questões dos pré-testes, pós-testes e o discurso deles durante o desenvolvimento da resolução das questões do pré-teste e do pós-teste (apêndice B), no que tange ao entendimento dos seis conceitos de Eletromagnetismo propostos pelo presente estudo (item 2.4) que foram utilizados durante o experimento, por meio do uso dos *softwares* de simulações.

A seguir serão descritos alguns procedimentos utilizados pelos estudantes no desenvolvimento das questões dos pré-testes e dos pós-testes, o detalhamento desta análise pode ser vista no Apêndice E. Como já foi citado, será analisado, em alguns momentos, junto do pré-teste a pré-entrevista e a etapa predizer dos roteiros de utilização dos *softwares* e no pós-teste será analisado também, em alguns momentos, a pós-entrevista juntamente com a etapa explicar do guia.

A partir desses dados e das entrevistas, pretende-se retratar as possíveis evoluções conceituais vividas pelos estudantes por meio do uso das Simulações Computacionais destes conceitos de Eletromagnetismo, e como estes podem auxiliar no aprendizado conceitual dos conceitos de Física propostos.

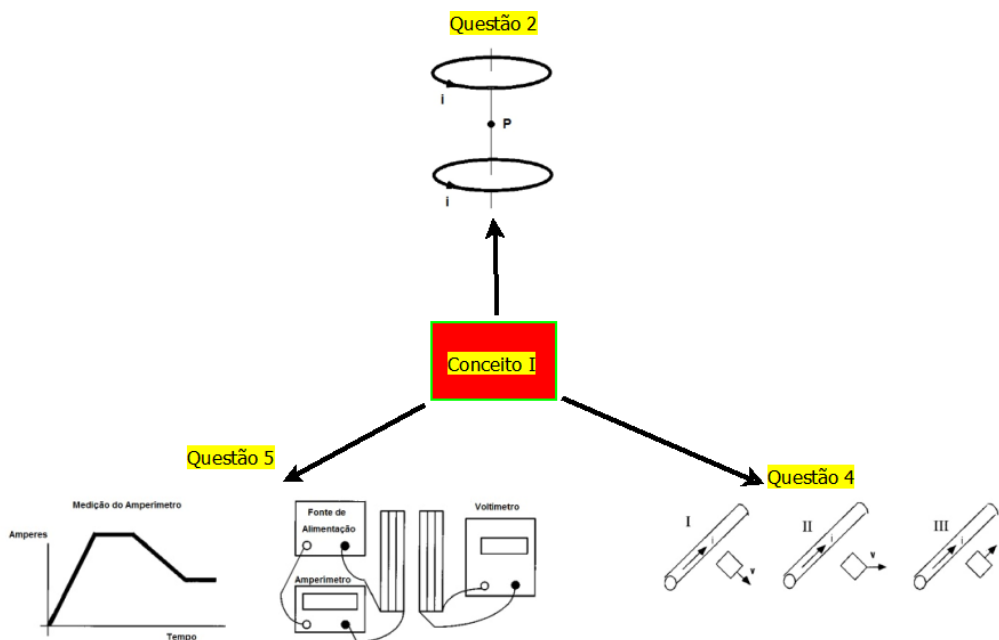
Dessa forma, foram estabelecidos os seguintes procedimentos de análise:

- ✓ Analisar individualmente o quadro de respostas de cada aluno para cada conceito proposto;
- ✓ Classificar, de maneira qualitativa, a compreensão dos conceitos de Eletromagnetismo propostos segundo a diferenciação feita no item 2.5.
- ✓ Utilizar métodos quantitativos para a análise dos dados (conforme item 2.6) para cada estudante.
- ✓ Comparar as respostas das questões do pré-teste em relação às questões do pós-teste a fim de identificar possíveis aquisições de novos “*drives*” de assimilação segundo a teoria da mediação cognitiva.

3.1 QUESTÕES ANALISADAS

Para analisar o primeiro conceito, que diz, “*um condutor percorrido por uma corrente elétrica cria em torno de si um campo magnético*” foram verificadas as questões 2, 4 e 5 dos pré-testes e dos pós-testes, juntamente com as entrevistas destas questões, como pode ser verificado na Figura 14 abaixo.

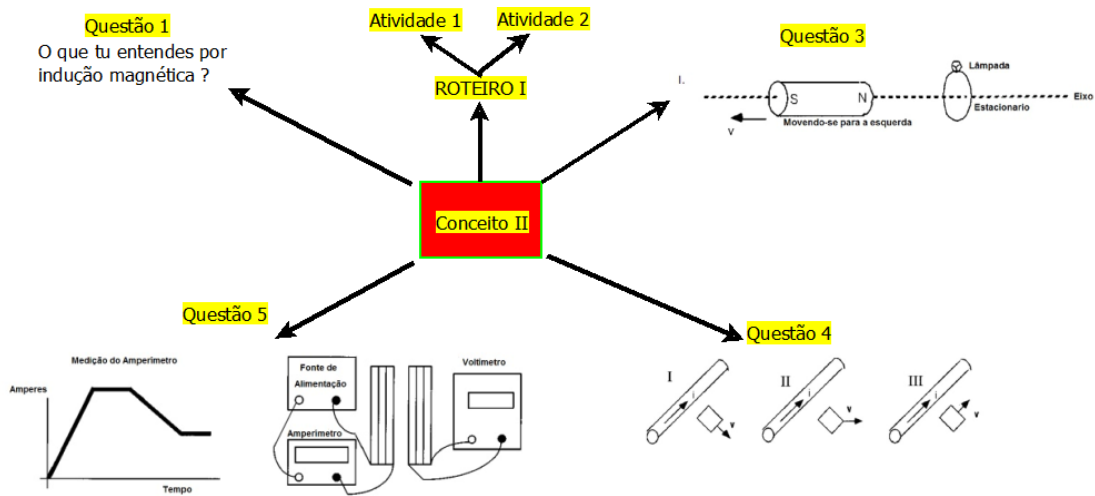
Figura 14 – Questões analisadas referentes ao conceito I



Fonte: Dados do autor

Já no segundo conceito de que “*a corrente induzida em um anel condutor se dá pela variação do fluxo magnético através da área delimitada pelo anel condutor*”, foi analisada a compreensão deste com relação às respostas dos alunos às questões 1, 3, 4 e 5 dos pré-testes e pós-testes e as etapas prever e explicar das atividades 1 e 2 do primeiro roteiro juntamente com as entrevistas dos pré-testes e dos pós-testes, isso pode ser visto na Figura 15 abaixo.

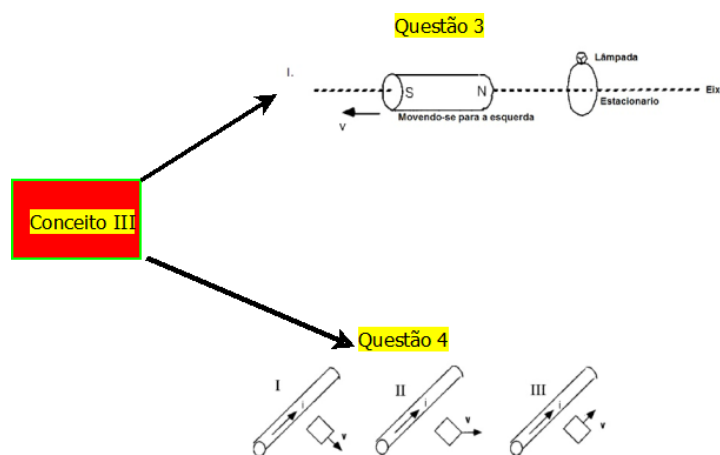
Figura 15 – Questões analisadas referentes ao conceito II



Fonte: Dados do autor

Como análise do terceiro conceito que trata “se o anel condutor movimentar-se em relação ao campo magnético também terá uma corrente induzida nele” foram verificadas as respostas dos estudantes às questões 3 e 4 dos pré-testes e dos pós-testes e os comentários feitos pelos estudantes nas entrevistas gravadas nestes itens, como pode ser visto na Figura 16 abaixo.

Figura 16 – Questões analisadas referentes ao conceito III

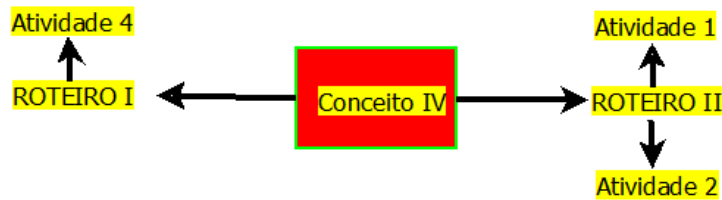


Fonte: Dados do autor

Para análise do quarto conceito que trata de que “quanto maior for a resistência do anel condutor menor será a corrente induzida nele” foram analisadas

as respostas dos alunos nas etapas prever e explicar da atividade 4 do roteiro I e as atividades 1 e 2 do roteiro de utilização do *software* II, como pode ser visto na Figura 17 abaixo.

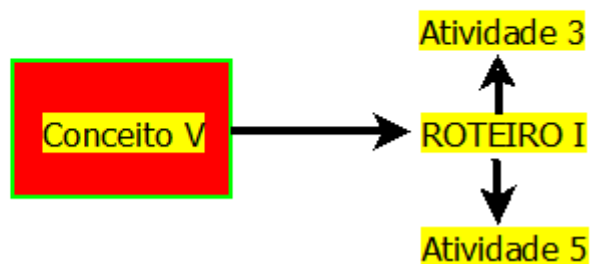
Figura 17 – Questões analisadas referentes ao conceito IV



Fonte: Dados do autor

Durante a análise do quinto conceito que trata de que “*quanto maior for a variação da intensidade do campo **magnético** maior será o módulo da corrente **elétrica** induzida nele (sob o mesmo intervalo de tempo)*” foram analisadas as respostas dos estudantes nas etapas prever e explicar das atividades 3 e 5 do roteiro de utilização do *software* I, como pode ser visualizado na Figura 18 abaixo.

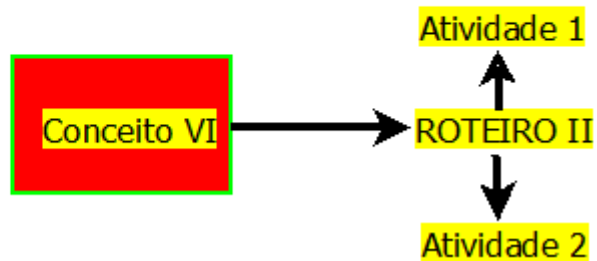
Figura 18 – Questões analisadas referentes ao conceito V



Fonte: Dados do autor

E por último, durante a análise do sexto item, que trata da “*corrente induzida que gera um fluxo que se opõe à variação do fluxo indutor*” foram analisadas as respostas dos alunos às etapas prever e explicar propostas nas atividades 1 e 2 do segundo roteiro de atividades, como pode ser visto na Figura 19 abaixo.

Figura 19 – Questões analisadas referentes ao conceito VI



Fonte: Dados do autor

3.2 ANÁLISE DOS DADOS

Conforme foi comentado no primeiro capítulo, o objetivo geral deste trabalho consiste em investigar como o uso de *softwares* de simulação no ensino de Física, mais especificamente com conceitos que envolvem a lei de Faraday e da lei de Lenz, podem auxiliar no aprendizado conceitual desta área da Física.

Para esta investigação, neste item serão apresentados e discutidos os resultados da análise que foi feita. Visando responder os objetivos específicos de investigação propostos por esta pesquisa, será aqui apresentado um estudo quantitativo e posteriormente um estudo qualitativo.

O estudo quantitativo se propõe a responder ao objetivo de *investigar se ocorre uma evolução conceitual dos alunos referente ao entendimento dos conceitos de Eletromagnetismo segundo a TMC, e se as representações do simulador computacional auxiliam na resolução de problemas de Magnetismo e Eletromagnetismo sob o ponto de vista dos estudantes do ensino técnico integrado.*

Já o estudo qualitativo se propõe a responder ao objetivo de *investigar possíveis aquisições de novos “drivers” de assimilação após o uso de ferramentas computacionais de simulação envolvendo estes conceitos, segundo a TMC”.*

Diante destes dados será respondido o último objetivo específico proposto por esta pesquisa que é o de “investigar a importância das simulações computacionais

no processo de ensino aprendizagem, bem como verificar como estas simulações podem auxiliar no desenvolvimento das habilidades relativas à visualização de conceitos Físicos”.

3.2.1 Estudo quantitativo

Aqui serão apresentados e discutidos os resultados da análise estatística *t-student* e algumas médias aritméticas. Para que a apresentação destes dados se tornasse mais clara, os resultados desta investigação foram representados na forma de tabelas e gráficos.

Para este estudo quantitativo todos os comentários e respostas foram analisados conforme proposto no item 3.1 e classificados conforme as categorias de compreensão dos estudantes conforme o item 2.5, isso para cada estudante. O detalhamento desta análise pode ser visto no Apêndice E.

Pode ser vista a tabela (Tabela 2) referente à categorização dos níveis de compreensão, resultante da análise feita, dos conceitos que envolvem a lei de Faraday-Lenz dos alunos estudados, antes da utilização do *software* de simulação.

Tabela 2 - Categorias de compreensão dos estudantes antes da intervenção do *software*.

Aluno	I	II	III	IV	V	VI
A	2	2	2	2	2	2
B	3	2	3	4	4	2
C	2	2	2	4	2	3
D	2	2	2	2	2	2
E	2	2	2	3	3	2

Fonte: Dados da pesquisa

O que pode ser retratado é que os alunos já possuíam um conhecimento prévio do assunto, pois como já comentamos na introdução desta pesquisa – devido à peculiaridade no currículo do curso de Automação Industrial – os alunos em

análise já tiveram contato com estes conceitos antes de utilizarem este simulador e antes de realizarem os pré-testes e as pré-entrevistas. Nenhum dos estudantes demonstrou estar na categoria de “nenhuma compreensão” (NC) representada pelo número 1, que significa que o estudante não ofereceu nenhum tipo de resposta à questão proposta, ou eles responderiam utilizando palavras como “não sei” ou deixariam em branco as alternativas.

A tabela que foi gerada com os dados categorizados referentes ao entendimento dos alunos depois da utilização do *software* pode ser vista abaixo (Tabela 3).

Tabela 3 - Categorias de compreensão dos estudantes depois da intervenção do *software*.

Aluno	I	II	III	IV	V	VI
A	3	3	4	3	3	2
B	3	3	4	4	4	2
C	3	3	4	4	3	3
D	2	3	3	2	2	2
E	4	3	3	3	4	2

Fonte: Dados da pesquisa

A partir da tabela acima podemos ver que ocorreu uma evolução na mudança de aspectos dos estudantes com relação aos conceitos que envolvem a lei de Faraday-Lenz.

Para realizar uma análise individual, alguns gráficos referentes às médias antes e depois da intervenção do simulador, também foram montados. A partir desta representação gráfica das médias de compreensão nos momentos antes e depois da intervenção do simulador computacional verificamos que houve uma melhora na compreensão conceitual por parte dos estudantes para a maioria dos conceitos.

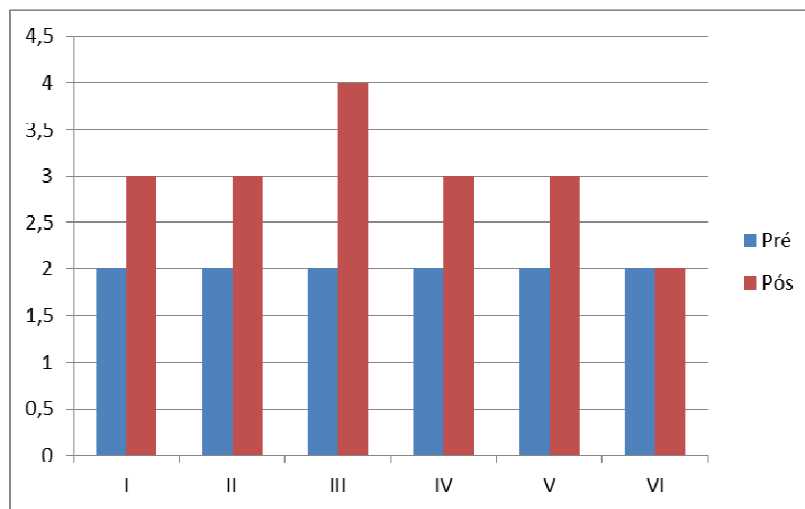
Estudante ‘A’

O estudante ‘A’ mostrou que tinha uma compreensão espontânea durante todos os conceitos antes da simulação, evidenciando que ele já tinha alguns conhecimentos prévios sobre o assunto. A evolução conceitual ocorreu dos

conceitos I até o V porém, no conceito VI, não houve nenhuma evolução como pode ser visto na figura 20.

Nos conceitos II e III, que são os conceitos que envolvem a lei de Faraday, o estudante teve uma excelente evolução, pois atingiu o nível de compreensão total, diante deste avanço pode ser visto que a utilização do simulador computacional auxiliou na visualização e compreensão dos conceitos que envolvem essa lei.

Figura 20 – Gráfico referente à evolução conceitual do estudante ‘A’.



Fonte: Dados da pesquisa

No conceito VI, que envolve as ideias da lei de Lenz, que possivelmente é a lei mais ampla em termos de conceitos, não houve esta evolução. Para o entendimento desta lei o aluno tem de saber que surgirá uma corrente induzida em um condutor exposto à variação do fluxo magnético sobre ele (lei de Faraday). E visualizar a interação entre o campo do indutor e o campo do induzido.

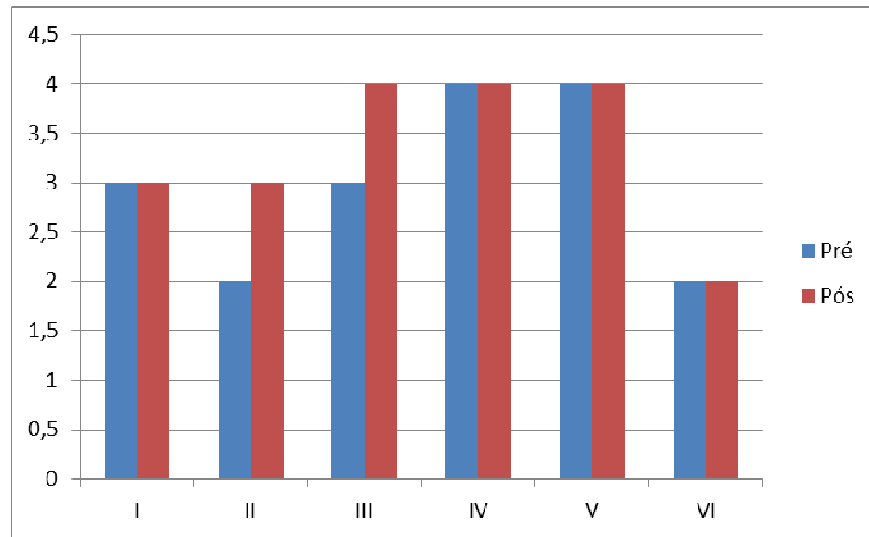
Além disso, o estudante deve ter a ideia de que esta corrente induzida gerará em torno dele outro campo magnético cujo fluxo magnético desta corrente será oposto à variação do fluxo magnético indutor.

Estudante ‘B’

Com relação ao estudante ‘B’, este demonstrou que mesmo antes da utilização do *software* de simulação já possuía um conhecimento prévio sobre os assuntos ali propostos. A lei de Faraday, que trata dos conceitos II e III, o aluno mostrou ter uma evolução conceitual por parte destes conceitos após a utilização do *software* de simulação.

Analisando a figura 21 o estudante mostrou que tinha um conhecimento prévio em nível de “compreensão total” de que a resistência do anel influencia na corrente nele induzida (conceito IV), e de que a variação na intensidade de campo do ímã também influenciará na corrente nele induzida (conceito V).

Figura 21 – Gráfico referente à evolução conceitual do estudante ‘B’.



Fonte: Dados da pesquisa

Este foi o estudante que demonstrou ter, dentre todos, os mais altos níveis de compreensão antes da utilização do simulador. Porém, da mesma forma que o estudante ‘A’, o estudante ‘B’, neste caso, não apresentou uma evolução na compreensão do conceito VI, sua categoria de entendimento ficou como sendo espontâneo antes e depois da simulação.

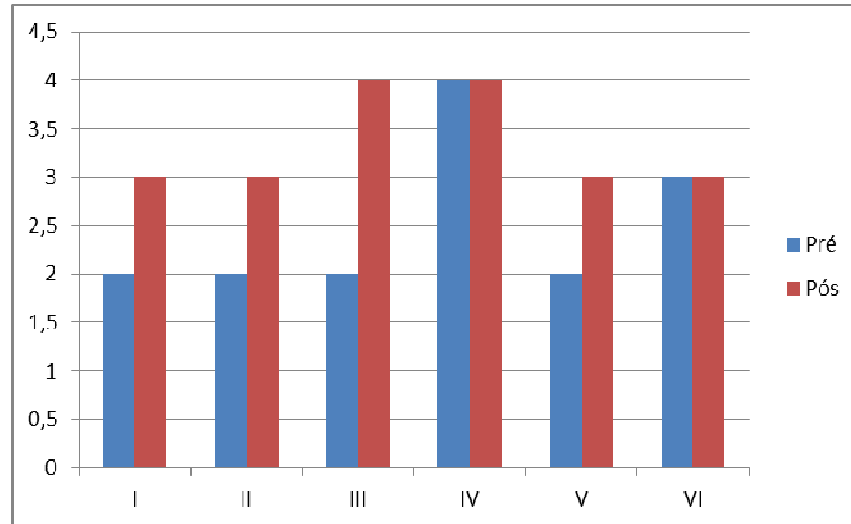
Estudante ‘C’

Realizando uma análise do estudante ‘C’, este demonstrou que também já possuía um conhecimento prévio sobre os assuntos ali propostos. Com relação à lei de Faraday, que trata dos conceitos II e III, o aluno demonstrou ter uma evolução conceitual por parte destes após a utilização do *software* de simulação.

Analisando a figura 22, o estudante mostrou que tinha um conhecimento prévio em nível de “compreensão total” de que a resistência do anel influencia na corrente nele induzida (conceito IV), e também demonstrou ter um nível de “compreensão parcial” com relação ao conceito VI (diferente dos outros estudantes) que trata da interação entre o campo induzido e o campo indutor (Lei de Lenz). Este

foi o único estudante que conseguiu visualizar a interação entre o campo do induzido e o campo do indutor.

Figura 22 - Gráfico referente à evolução conceitual do estudante 'C'.

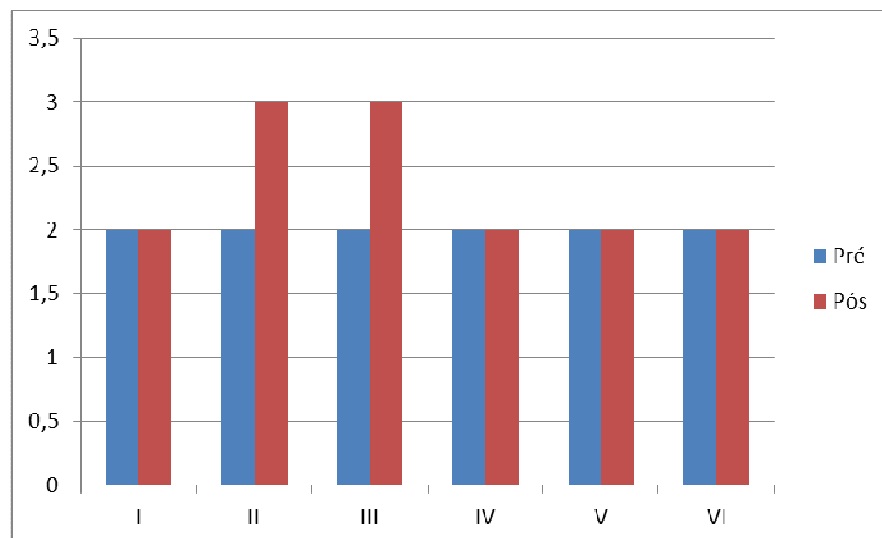


Fonte: Dados da pesquisa

Estudante 'D'

O estudante 'D' mostrou, assim como os outros, que tinha uma compreensão espontânea durante todos os conceitos antes da simulação, porém teve uma pequena evolução conceitual apenas com relação aos conceitos II e III, como pode ser visto na figura 23.

Figura 23 - Gráfico referente à evolução conceitual do estudante 'D'.



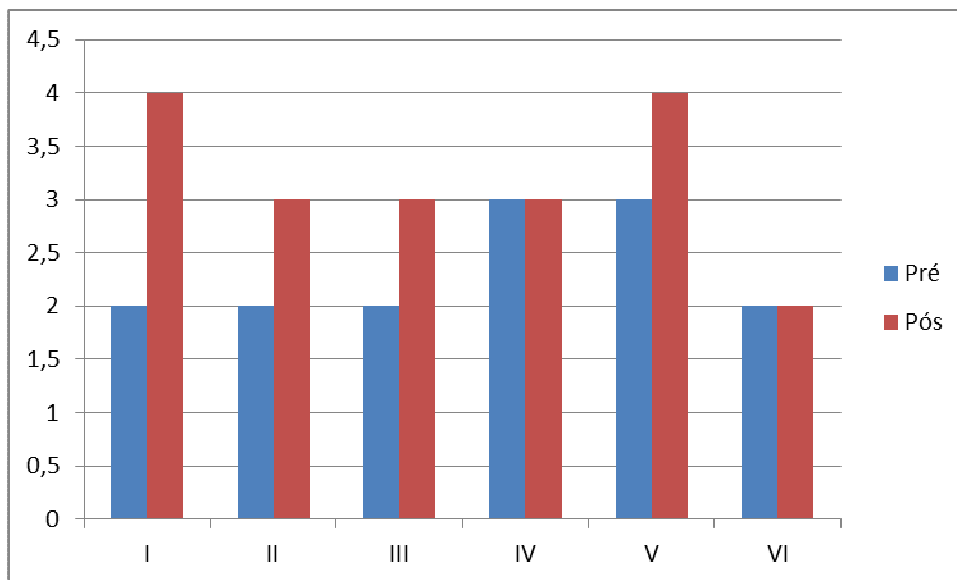
Fonte: Dados da pesquisa

Em todos os outros casos o estudante não obteve uma evolução mediante a utilização do *software* de simulação. Este foi o estudante que menos evoluiu conceitualmente na compreensão dos conceitos propostos.

Estudante ‘E’

Analisando a figura 24, o estudante mostrou que tinha o conhecimento prévio em nível de “compreensão espontânea” de todos os conceitos. Este estudante demonstrou também que obteve a compreensão total dos conceitos I e V, e também evoluiu no entendimento dos conceitos que envolvem a lei de Faraday (II e III).

Figura 24 – Gráfico referente à evolução conceitual do estudante ‘E’.



Fonte: Dados da pesquisa.

Assim como os outros alunos ‘A’, ‘B’ e ‘D’ este também não evoluiu com relação ao entendimento do conceito VI, pois sua categoria de entendimento ficou como sendo espontânea antes e depois da simulação.

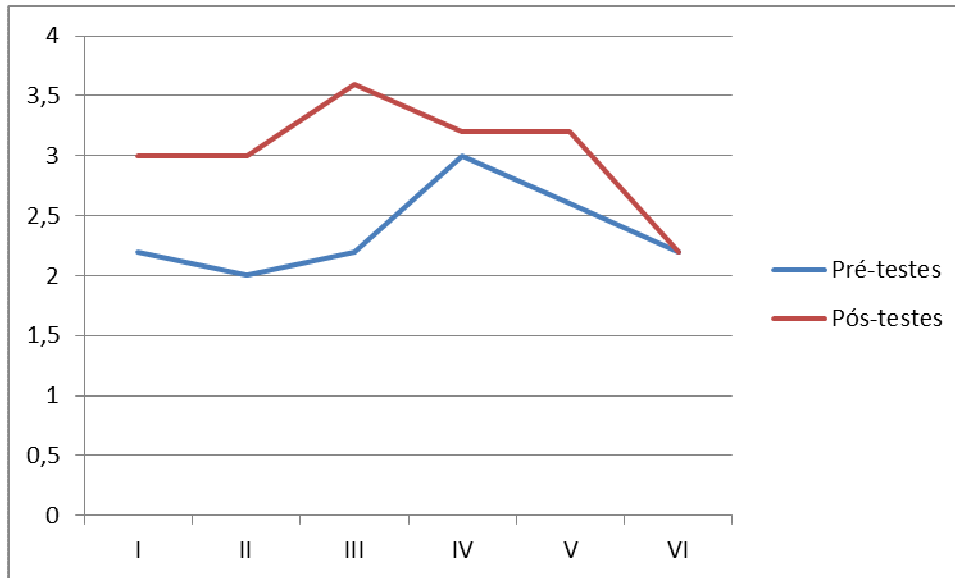
Todos os estudantes

De maneira geral, podemos dizer que todos os estudantes tiveram uma evolução conceitual, pois os gráficos mostraram isso. Possivelmente os estudantes passaram a compreender alguns fenômenos eletromagnéticos de uma maneira mais

completa ao visualizar a dinâmica do fenômeno que o simulador propõe, pois evoluíram nas categorias de compreensão.

Abaixo, na figura 25, é mostrado um gráfico que apresenta as médias de compreensão de cada conceito entre os alunos nos momentos pré-testes e pós-testes.

Figura 25 – Gráfico das médias entre as categorias de compreensão dos estudantes.



Fonte: Dados da pesquisa

Podemos observar que houve aquisição de conteúdos a partir da mediação por computador, por meio de um software de simulação computacional referente aos conceitos de eletromagnetismo (Figura 25). Não se quer discutir aqui se houve aprendizagem significativa, mas pode se ver que a mediação com o computador, talvez pela possibilidade de visualização das linhas de campo, proporcionou aos alunos uma evolução na compreensão de alguns conceitos.

O que se pode observar também é que onde menos existiu esta evolução foi no conceito que envolve a lei de Lenz (conceito VI), devido ao fato de esta lei ser talvez a mais completa em termos de conhecimentos de eletromagnetismo. Pois o aluno deve ter a ideia de indução eletromagnética (lei de Faraday) e que esta corrente induzida gerará em torno dele outro campo magnético cujo fluxo magnético desta corrente será oposto à variação do fluxo magnético indutor. Sendo assim, para o entendimento do conceito VI o aluno deve ter o entendimento de vários outros

conceitos. Diante disso, esse entendimento, de certa forma, deve ser o que mais exige do discente os conhecimentos referentes ao eletromagnetismo.

Neste sentido o software se mostrou útil para auxiliar a compreensão de quase todos os conceitos de eletromagnetismo propostos por esta pesquisa.

Teste *t-student*

Para continuar esta análise foi utilizado também o teste de comparação de médias *t-student* para amostras pareadas. Através deste teste percebemos que existe diferença estatística entre as médias de compreensão geral dos conceitos nos momentos antes e após as atividades com a simulação computacional (Tabela 4).

Segundo Moore (*et al.*, 2014) o teste *t-student* se propõe a rejeitar ou não uma hipótese nula, neste caso seria com relação à análise individual de que a utilização do simulador computacional auxiliou na compreensão dos conceitos de Eletromagnetismo.

Para esta pesquisa utilizamos um valor de significância $p < 5\%$ ($p < 0,05$), para rejeitarmos ou não a hipótese nula. Abaixo, na tabela, pode ser visto os resultados dos testes de significância para os estudantes em questão.

Tabela 4 – Análise *t-student* dos níveis de compreensão antes e depois da simulação computacional, para cada estudante.

		I	II	III	IV	V	VI	P
Est 'A'	Pré	2	2	2	2	2	2	0,01172
	Pós	3	3	4	3	3	2	
Est 'B'	Pré	3	2	3	4	4	2	0,17469
	Pós	3	3	4	4	4	2	
Est 'C'	Pré	2	2	2	4	2	3	0,04219
	Pós	3	3	4	4	3	3	
Est 'D'	Pré	2	2	2	2	2	2	0,17469
	Pós	2	3	3	2	2	2	
Est 'E'	Pré	2	2	2	3	3	2	0,04219
	Pós	4	3	3	3	4	2	

Fonte: Dados da pesquisa

Segundo os resultados dos dados apresentados na Tabela 4, podemos aceitar a hipótese de que a utilização dos simuladores computacionais auxiliou no entendimento dos conceitos propostos, somente em alguns estudantes durante a utilização do software de simulação de eletromagnetismo. Para os estudantes ‘B’ e ‘D’ os resultados da significância ficaram fora do intervalo de 5%, logo, para estes casos, a hipótese de que o simulador computacional auxiliou na compreensão dos conceitos de eletromagnetismo deve ser rejeitada, pois mostrou um valor de significância maior do que 5%.

Com relação ao estudante ‘B’ pode-se dizer que este não sofreu uma evolução conceitual significativa, segundo este teste, pois os seus níveis de compreensão antes da utilização do simulador já eram altos, como pode ser visto na figura 21.

Já o estudante ‘D’ praticamente não obteve uma evolução conceitual significativa, pois suas categorias de compreensão continuaram praticamente em “compreensão espontânea” para 4 dos 6 conceitos, como pode ser visto na figura 23. Com isso pode-se dizer que a simulação neste caso não teve efeito significativo sobre o entendimento de eletromagnetismo para o estudante ‘D’.

Os outros estudantes, segundo este teste, obtiveram um nível significativo de avanço conceitual, pois a significância ficou menor do que 5%. Isso leva a dizer que tem-se 95% de certeza de que a hipótese nula, neste caso, não deve ser rejeitada.

Paz (2007) e Macedo, *et al.* (2011), já comentavam que uma das maiores dificuldades apresentadas pelos alunos é esta visualização do movimento tridimensional, que neste caso pôde ser visto no simulador. Provavelmente esta interação dinâmica entre o indutor e o induzido auxiliou o entendimento desta lei por parte dos estudantes. E a possibilidade de alterar variáveis que envolvem esta lei também pode ter causado um melhor entendimento conceitual das ideias de eletromagnetismo.

Porém, a utilização do simulador computacional não se apresentou totalmente eficiente já como relatava Esquembre (2002). Principalmente com relação à evolução conceitual do conceito VI os estudantes não obtiveram uma melhora como pode ser visto na figura 25.

Uma análise de todos os estudantes também pode ser feita através do teste *t-student*, comparando-se as médias de compreensão deles antes e depois da intervenção do simulador computacional.

Abaixo pode ser vista a tabela que mostra as médias de compreensão dos estudantes e o resultado do teste *t-student*.

Tabela 5 – Análise *t-student* da média dos níveis de compreensão envolvendo todos os estudantes antes e depois da simulação computacional.

		I	II	III	IV	V	VI	p
MÉDIA DOS ALUNOS	Pré	2,2	2	2,2	3	2,6	2,2	0,02503
	Pós	3	3	3,6	3,2	3,2	2,2	

Através dos resultados dos dados apresentados na Tabela 5, podemos aceitar a hipótese de que a utilização do simulador computacional auxiliou no entendimento dos conceitos propostos para todos os estudantes. O resultado da significância (p) ficou menor do que o intervalo de 5%, logo, de maneira geral para todos os casos, podemos dizer com 95% de certeza que a hipótese de que o simulador computacional auxiliou na compreensão dos conceitos de eletromagnetismo deve ser aceita, pois mostrou um valor de significância menor do que 0,05.

3.2.2 Estudo qualitativo

Nesta seção, será feito o estudo qualitativo que irá comparar as respostas dos estudantes às questões do pré-teste e dos pós-testes, juntamente com as entrevistas destes a fim de identificar possíveis aquisições de novos “*drivers*” de assimilação segundo a teoria da mediação cognitiva. Para esta análise também será estudada a questão 6 de caráter dissertativo dos testes que diz:

Escreva como se estivesse explicando para um colega, o que é indução eletromagnética. Utilize desenhos, gráficos, equações, tudo o que achares necessário.

Esta é uma questão que sugere uma explicação por parte do aluno sobre a ideia central da lei de Faraday que é a indução eletromagnética.

Estudante ‘A’

Antes da simulação este estudante não soube explicar ou responder a questão 6, deixando-a em branco.

A resposta que o aluno escreveu depois da simulação foi a seguinte:

Resposta escrita (questão 6) do estudante ‘A’ após a simulação: *Indução eletromagnética é uma relação entre a resistência e as linhas de campo magnético. Ela cria uma corrente induzida em um corpo submetido a um campo magnético e em movimento. Eu utilizaria os dois softwares que o professor utilizou para explicar, porque assim eu consegui entender melhor do que estudar somente pelas apostilas e livros.*

Comparando com a resposta da pós-entrevista o estudante manteve a mesma ideia comentando a importância da utilização do *software*:

Pós-entrevista com o aluno ‘A’ sobre a questão 6: *Indução eu acho que é uma corrente induzida em um corpo imerso em um campo magnético que tem que estar em movimento no caso, pode ser o ímã ou o corpo e também tem uma relação com a resistividade e as linhas de campo magnético. E para explicar melhor para um colega eu iria utilizar um software, porque eu entendi melhor do que só olhando nos livros.*

Em certo momento da pós-entrevista este estudante ‘A’ comentou o seguinte:

Pelo que eu vi no programa existe uma relação entre a resistência e a intensidade do campo magnético.

Percebemos que a utilização do simulador computacional proporcionou uma assimilação do assunto por parte do aluno, pois este utilizou variáveis que somente o *software* proporcionou. Com isso, segundo a TMC, possivelmente *drivers* hiperculturais foram criados neste estudante devido à utilização da simulação. O aluno comentou a relação entre a “resistência e a intensidade de campo”. Estes parâmetros foram alterados somente no simulador computacional, com isso pode ser constatado que o aluno, antes da simulação, não utilizou estes termos, somente após a simulação.

Estudante 'B'

Antes da simulação este estudante explicou a questão 6 utilizando conceitos de imantação de um material, como pode ser visto abaixo.

Resposta escrita (questão 6) do estudante 'B' antes da simulação: [...] é uma forma de induzir os ímãs elementares de um certo material com características magnéticas. Isso pode ser feito através de um ímã ou através de pancadas, até o material tomar suas características magnéticas.

Sua resposta na pré-entrevista foi no mesmo sentido, porém a resposta deste estudante no momento do pós-teste indica uma clara mudança conceitual.

Resposta escrita (questão 6) do aluno 'B' após a simulação: [...] é produzir corrente elétrica através da variação do campo magnético de um ímã. Uma forma de induzir corrente elétrica em um fio condutor é aproximar e afastar um ímã desse fio.

Percebe-se que com relação a este aluno houve uma evolução conceitual, porém não é claro que algum tipo de *driver* foi criado nele, pois em momento algum das suas entrevistas ou de suas respostas aos pré-testes e pós-testes ele comentou sobre o que foi visto ou utilizado no programa.

O que talvez caracterize um *driver* hipercultural é o momento em que ele descreveu a indução eletromagnética como sendo “aproximar e afastar o ímã” de um material, isso é exatamente o que o *software* faz para explicar a lei de Faraday.

Estudante 'C'

Antes da intervenção do simulador, este estudante já possuía uma ideia de alguns conceitos que envolviam a indução eletromagnética. Abaixo está a sua transcrição da resposta à questão 6.

Resposta escrita (questão 6) do estudante 'C' antes da simulação: É quando um campo magnético em movimento consegue gerar algum outro tipo de energia, podendo ser elétrica etc.

Percebe-se que este estudante já possuía *drivers* com relação à lei de Faraday, pois alguns termos como campo magnético e movimento, foram utilizados por ele para explicar a indução eletromagnética. Na sua pós entrevista o estudante confirma isso, como pode ser visto abaixo.

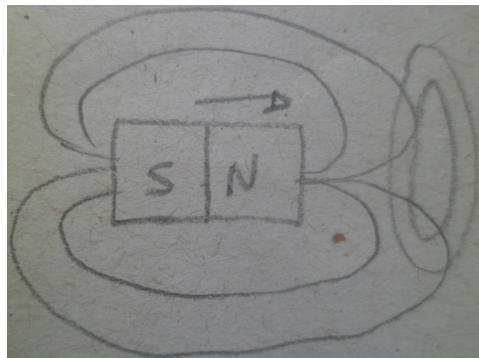
Pré-entrevista com o aluno 'C' sobre a questão 6: Seria um campo magnético que esteja variando, no caso as linhas de campo, devido a aproximação ou afastamento de algum objeto que possa influenciar estas linhas, e a partir disso ele consiga gerar alguma força ou corrente elétrica.

Analisando o momento após a intervenção do simulador, o estudante teve um ganho cognitivo com a mediação do computador, pois ele responde à questão 6 de maneira mais completa e utiliza parâmetros que foram alterados no simulador, como a resistência do condutor e a variação da intensidade de campo do ímã. Abaixo podemos ver a resposta do estudante 'C' após a utilização do simulador.

Pós-entrevista com o aluno 'C' sobre a questão 6: Quando as linhas de campo magnético variam, são cortadas por um anel, se esse anel tiver uma alta resistência e o ímã não for tão intenso não haverá corrente.

Abaixo pode ser visto o desenho que o aluno fez para explicar esta questão.

Figura 26 – Desenho apresentado pelo estudante 'C' para explicar a questão 6 no pós-teste.



Fonte: Dados da pesquisa

Percebe-se que este estudante se apropriou de parâmetros utilizados no simulador para tentar explicar o que seria a indução eletromagnética, e claramente este desenho representa o que acontece no programa. Esta foi uma nova representação exposta pelo estudante que produziu um novo *driver* ou uma “máquina virtual” que representou o mecanismo externo, com isso Souza (2004, p. 81) comenta que houve uma internalização parcial dos mecanismos externos. Percebe-se que houve um ganho no processamento de informações, pois mesmo na ausência do mecanismo externo o aluno reproduziu o que o simulador propôs (Figura 26).

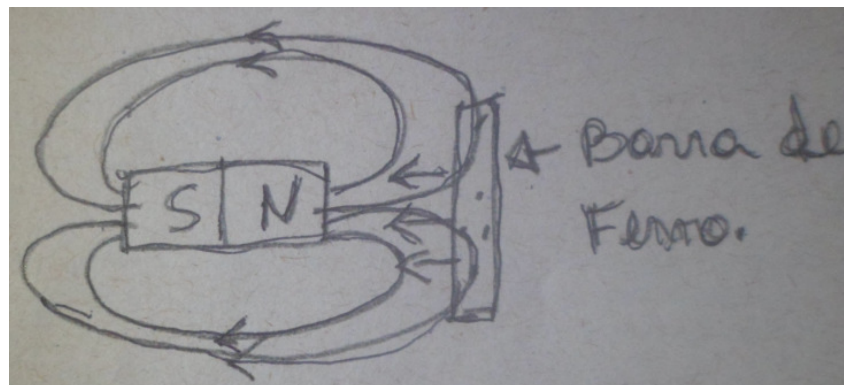
Estudante 'D'

Assim como os outros estudantes, este também já tinha algumas ideias prévias sobre o assunto. Abaixo está transcrita a resposta dele para a questão 6.

Resposta escrita (questão 6) do estudante 'D' antes da simulação:
Indução eletromagnética é a capacidade de um ímã ou campo magnético de orientar linhas de campo de um material ferromagnético.

Também podemos ver o desenho que este estudante utilizou para tentar explicar o fenômeno antes da intervenção do simulador computacional.

Figura 27 - Desenho apresentado pelo estudante 'D' para explicar a questão 6 no pré-teste.



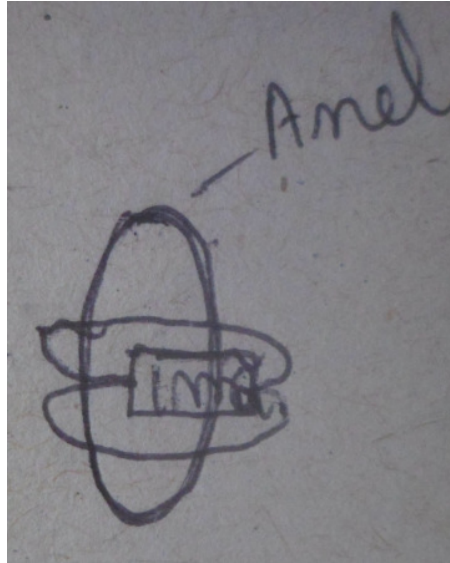
Fonte: Dados da pesquisa

O aluno 'D' mostrou que tinha um conhecimento sobre o assunto, porém ele explica o fenômeno de imantação magnética quando o fenômeno era para ser de indução eletromagnética. Quando este estudante responde no momento do pós-teste e da pós-entrevista ele muda o seu conceito apresentando as respostas desta questão de outra maneira, como pode ser visto abaixo.

Resposta escrita (questão 6) do estudante 'D' após a simulação: É a capacidade que um ímã tem de induzir uma corrente elétrica em um material através do fluxo.

E para completar o aluno fez o seguinte desenho, colocando uma observação de que no meio do anel é gerada uma corrente. Abaixo pode ser visto este desenho.

Figura 28 - Desenho apresentado pelo estudante 'D' para explicar a questão 6 no pós-teste.



Fonte: Dados da pesquisa

Analisando a pós-entrevista deste estudante percebe-se que este teve uma mudança em seu conceito e que houve uma evolução do estudante com relação à lei de Faraday. Como foi visto na análise quantitativa, este estudante foi o que menos teve uma evolução dos seis conceitos propostos por este estudo, porém nos conceitos que envolvem a lei de Faraday ele teve uma evolução conceitual.

Assim como o anterior o estudante 'D', durante a explicação da questão 6, representou exatamente o que o programa simula, utilizando um ímã e um anel. Percebe-se que houve uma mediação hipercultural e que o aluno representou o mecanismo externo para explicar o que é o fenômeno da indução eletromagnética.

Abaixo podemos ver a pós-entrevista da questão 6.

Pós-entrevista com o aluno 'D' sobre a questão 6: É a capacidade de um ímã de induzir corrente elétrica em um material através de um fluxo, e daí eu desenhei o anel, no caso, e o uso do ímã que daí ele atravessa o anel e cria uma corrente nele.

Podemos ver uma reprodução do que o aluno viu no simulador, este movimento entre indutor e induzido é difícil de ser representado em um quadro utilizando somente uma caneta, porém o simulador proporciona esta visão dinâmica e tridimensional do movimento do ímã dentro do anel, e que o aluno se utilizou desta visão para explicar o fenômeno. Segundo Souza (2004) isto seria um *driver* hipercultural. Interessante é que este aluno fez uma representação do mecanismo externo (*shell*), porém evoluiu somente em dois conceitos.

Estudante 'E'

Este estudante, assim como os estudantes 'B' e 'D', respondeu antes da simulação computacional que a indução eletromagnética se refere à orientação dos ímãs elementares, como pode ser visto a seguir.

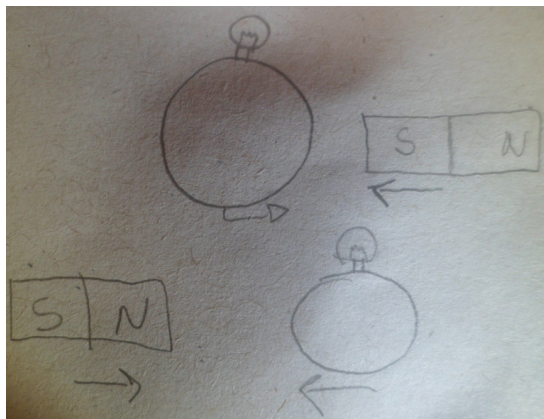
Resposta escrita (questão 6) do estudante 'D' antes da simulação:
Controlar o campo magnético orientando os ímãs elementares

A resposta da questão 6, após a utilização do simulador, foi diferente e o aluno constatou o seguinte:

Resposta escrita (questão 6) do estudante 'D' antes da simulação: Ficar passando o ímã entre o anel irá variar o fluxo magnético.

Existe a aquisição de um *driver* hipercultural pelo estudante, pois ele utilizou as imagens do programa para explicar a indução eletromagnética, podemos ver isso na figura 29.

Figura 29 - Desenho apresentado pelo estudante 'E' para explicar a questão 6 no pós-teste.



Fonte: Dados da pesquisa

Podemos ver neste desenho que o aluno obteve um *driver* hipercultural, pois utilizou representações do mecanismo externo para explicar a lei de Faraday. Este aluno já possuía um *driver* com relação ao assunto, porém um novo *driver* foi criado a partir da mediação feita pelo computador.

Com relação à aquisição de novos *drivers* hiperculturais proposta por Souza (2004) por meio da utilização do computador como mediador, os estudantes ‘A’ e ‘B’ utilizaram os parâmetros alterados no simulador para explicar o que é a indução eletromagnética. Já os estudantes ‘C’, ‘D’, e ‘E’ se utilizaram da simulação proposta pelo simulador para explicar o fenômeno, pois eles reproduziram a situação que o simulador propõe para explicar a indução eletromagnética.

Todos os alunos utilizaram de maneira mais completa, para explicar a indução eletromagnética, as palavras *linhas de campo*, ou *fluxo magnético*. Com isso a forte menção, por parte dos estudantes, destas palavras principalmente nos pós-testes indica um *driver* hipercultural criado pelo simulador.

Uma característica importante desta atividade computacional foi a possibilidade da visualização das linhas de campo magnético em três dimensões pelos alunos, o que não é possível sem a utilização destes, ou seja o simulador tornou visível o que é invisível.

3.3 RESULTADOS

Souza (2004) constrói a ideia de que nosso cérebro é limitado e um processamento extracerebral nos dá uma expansão da capacidade cognitiva. Trazendo esse entendimento para a presente pesquisa é possível averiguar que os estudantes já tinham certos *drivers* existentes com relação aos conhecimentos propostos. Tendo em vista que possivelmente estes estudantes, ao interagirem com o *software* computacional que realizou as simulações, expandiram suas capacidades cognitivas, gerando novos *drivers* de assimilação por meio da visualização tridimensional proposta pelo simulador.

O estudo qualitativo acima mostra que possivelmente o aluno ‘D’ teve “uma emulação” ao menos parcial dos mecanismos externos” (SOUZA, 2004, p. 81), pois representou exatamente o que o programa simulava, o que quer dizer que ele gerou um novo *driver* de assimilação. Mas, no estudo quantitativo, realizado no item 3.2.1 acima, mostra que o aluno ‘D’ teve uma evolução apenas em dois conceitos. Com isso fica a pergunta, como o simulador, mesmo gerando um novo *driver* de

assimilação, não permitiu que o aluno ‘D’ evoluísse conceitualmente em outros conceitos que são base para a lei de Faraday?

O que ocorre é que com relação à lei de Faraday, o simulador não abrangeu todas as possibilidades de se ter uma corrente induzida em um anel, por exemplo. Esta corrente induzida pode ocorrer nos seguintes casos:

- ✓ Movimento do ímã em relação ao anel;
- ✓ Movimento do anel em relação ao ímã;
- ✓ Variação da área do anel no campo magnético.

O simulador, neste evento, só contemplou o primeiro caso, o que levou os estudantes a ter uma percepção limitada de que a indução só se dá pelo movimento do indutor com relação ao induzido. Nenhum dos estudantes cogitou a ideia de que na alternativa II da questão 3 dos pré-testes e dos pós-testes a lâmpada poderia acender, porque o simulador não abarcava esta possibilidade. O simulador não permitia que o estudante simulasse com o anel se movimentando e o ímã parado, a única simulação possível era com o ímã se movimentando e com o anel parado.

Logo, o mecanismo externo teve limitações naturais, que durante a atividade, foram assimiladas como representações e *drivers* assim como as do movimento do ímã em relação ao anel. Pela falta do mecanismo externo mostrar as outras possibilidades de indução eletromagnética, ficou também faltando esta representação no *driver* interno do aluno, logo ele não consegue responder corretamente a pergunta (questão 3).

Neste caso, o simulador não contemplou o fenômeno físico em todas as suas possibilidades, pois a situação que ocorre no simulador foi programada por um programador e este, por algum motivo, não conseguiu abarcar todas as possibilidades da lei.

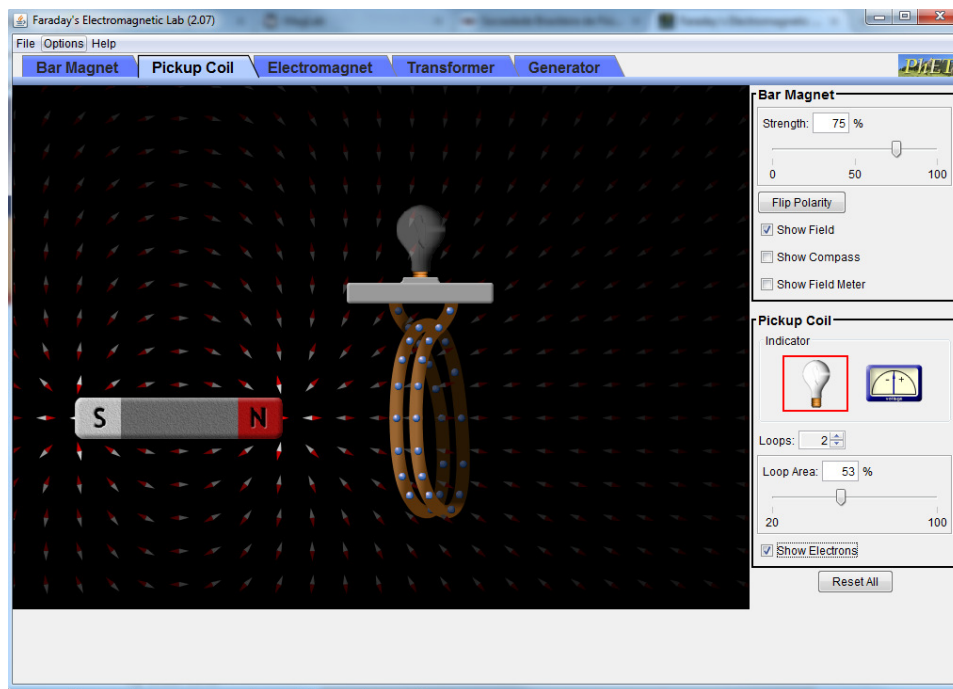
Foi feita uma pesquisa no site da Sociedade Brasileira de Física¹ para verificar algum simulador computacional, que seja disponibilizado na forma de um software livre, que envolva esta possibilidade de movimentar a espira em relação ao campo, ou girar a espira, ou ainda variar a área desta espira.

¹ Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/links/simulacoes-e-animacoes>>. Acesso em 12 de outubro de 2014.

Neste *site* foram encontrados mais de 150 *links* que levam a outros *sites* que contem simuladores para o ensino de Física. Dentre os simuladores existentes neste endereço poucos envolvem a lei de Faraday, e dos pesquisados apenas dois permitem a alteração nas configurações do anel para demonstrar a indução eletromagnética.

Abaixo (Figura 30) podemos ver um simulador que permite alterar o diâmetro da espira.

Figura 30 – Simulador da lei de Faraday.

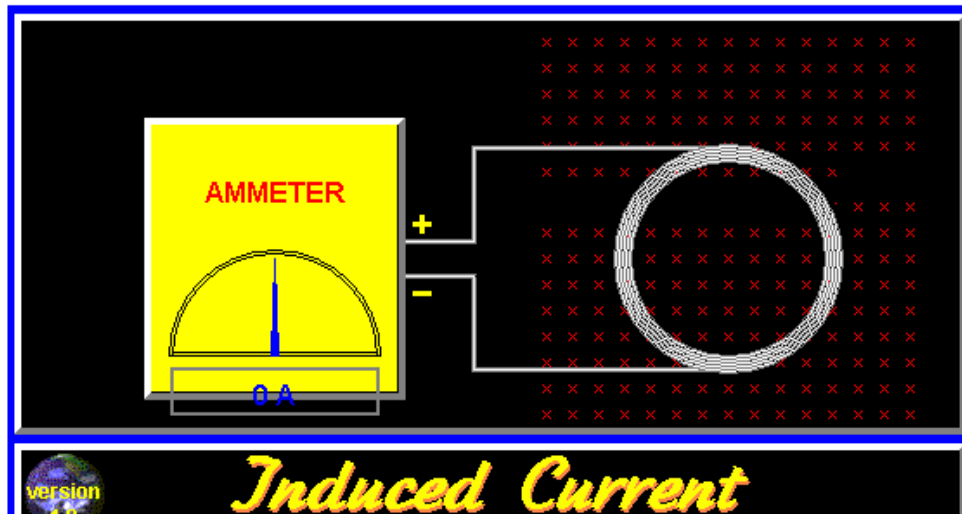


Fonte: Internet¹

Também foi encontrada, no *site* da Sociedade Brasileira de Física, uma simulação que permite variar a área da espira, como pode ser visto na figura 31.

¹ Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/faraday>>. Acesso em 12 de outubro de 2014.

Figura 31 – Simulador da lei de Faraday



Fonte: Internet¹

Com o intuito de encontrar um simulador que propiciasse simular a variação da área da espira, como proposto na alternativa II da questão III dos pré-testes e pós-testes, estes dois simuladores também não se encaixam. Apenas se o usuário ficar movimentando o cursor para que isso aconteça, no caso da figura 30 clicando em “Loop Area”, e na figura 31 clicando na espira e arrastando.

Diversos simuladores disponibilizados como *softwares* livres estão disponíveis na internet (SILVEIRA, 2005). Souza (2004) argumenta sobre a era digital em que vivemos, e que os computadores estão cada vez mais presentes em nossas vidas. Algumas vezes a utilização, por parte dos professores, de alguns meios disponíveis nesta era digital no ensino de ciências, gera uma expectativa muito grande na maioria dos usuários que as utiliza, achando que a tecnologia pode ser a “salvação” para muitos de nossos problemas.

No presente estudo a utilização deste simulador como mediador auxiliou os estudantes no ensino de ciências gerando alguns *drivers* hiperculturais segundo Souza (2004), porém deve-se ter uma atenção ao uso destas tecnologias como mediadoras.

O simulador em questão não contempla toda a lei Física proposta, assim como os outros dois apresentados (Figura 30 e 31), com isso, se a crença de que as tecnologias vieram para nos “salvar” for levada a sério, o que acontece no simulador

¹ Disponível em: <http://ensinoadistancia.pro.br/EaD/Eletromagnetismo/LeiFaraday/LeiFaraday.html>. Acesso em 12 de outubro de 2014.

pode ser interpretado como sendo a verdade absoluta e isso pode causar um entendimento limitado por parte dos alunos sobre uma determinada lei Física.

Observamos que outros níveis de mediação, segundo Souza (2004), estiveram presentes neste estudo. Possivelmente alguns *drivers* foram construídos a partir de uma mediação sociocultural, visto que a simulação computacional não permitiu que alguns alunos interpretassem todas as questões dos pré-testes e pós-testes de maneira correta. Neste caso a intervenção do professor, durante a entrevista, permitiu que o aluno entendesse melhor a questão proposta, com relação à questão 5, como pode ser visto abaixo.

Entrevista da questão 4 - aluno 'A'

Professor: [...] *Porque tu achas que em nenhum dos casos irá surgir uma corrente induzida nas alças metálicas?*

Estudante 'A': *Aqui eu acho que não vai surgir porque está vindo pra cá no caso.*

Professor: *(Explica a questão).*

Estudante 'A': *Vendo aqui agora eu acho que estes dois aqui vão ter no caso (I e II), no outro a corrente e a velocidade estão no mesmo sentido.*

A mediação pelo computador, neste estudo, não se mostrou totalmente eficiente se utilizada sozinha, pois para que a questão 5 fosse interpretada de maneira correta foi necessária a mediação social. Por mais encantadora que possa parecer esta simulação, ela não foi a única via de acesso ao raciocínio dos estudantes. Por isso, defende-se aqui a utilização das teorias de aprendizagem para auxiliar no entendimento dos processos de ensino-aprendizagem.

Mediante o cruzamento dos resultados, entendemos que a mediação com o *software* de simulação (TMC) atuou como um mecanismo de processamento externo, fazendo com que os estudantes não apenas tivessem um melhor refinamento de seus *drivers* existentes como também possibilitou a criação de novos *drivers*. *Drivers* que foram utilizados pelos estudantes para a resolução de algumas situações, não todas, mesmo quando o mecanismo de processamento externo foi eliminado.

Devido ao fato do simulador computacional não abranger todas as possibilidades da lei de Faraday, os alunos tiveram uma compreensão parcial da lei proposta neste estudo, e a utilização do computador não se mostrou como a única forma de mediação, a mediação social também esteve presente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos este trabalho com o objetivo de investigar se o uso de *softwares* de simulação auxiliaria no aprendizado de conceitos de Eletromagnetismo, servindo como ferramentas de processamento extracerebral para a evolução destes conceitos.

Percebemos, no segundo ano do curso técnico integrado de Automação Industrial, que os estudantes apresentavam dificuldades no entendimento das interações e no comportamento das variáveis eletromagnéticas no espaço, mesmo já tendo um contato com o assunto da lei de Faraday-Lenz no primeiro ano do curso, resolvendo questões de livros didáticos.

A utilização de um teste padronizado internacionalmente, como pré-teste e como pós-teste, se mostrou adequado para constatar as evoluções conceituais (análise quantitativa) dos alunos no tocante ao entendimento da lei de Faraday-Lenz, antes e depois da utilização do simulador computacional. Devido ao fato deste teste ter sido refinado e melhorado, ele abarca todas as possibilidades desta lei.

Por meio do contato com o mecanismo de processamento externo (*software* de simulação) os alunos analisados tiveram parte de seu conteúdo internalizado e as informações confrontadas com os *drivers* existentes na estrutura cognitiva do estudante, através dos roteiros que utilizaram o método de conflito cognitivo determinado de P.O.E., o que possivelmente causou a criação de novos *drivers* nos estudantes devido à interação hipercultural defendida por Souza (2004).

A visualização dinâmica das linhas de campo resultou na aquisição de representações e *drivers* de visualização de campo magnético, o que foi demonstrado nas respostas e desenhos dos alunos durante a entrevista (análise qualitativa).

Devido às limitações do simulador computacional utilizado, a mediação feita pelo uso da tecnologia não foi suficiente para resolver diferentes situações de eletromagnetismo, pois o simulador computacional não abrangeu todas as possibilidades, com isso os alunos tiveram uma aprendizagem limitada sobre a lei de Faraday-Lenz.

Percebemos que as atividades de simulação podem contribuir para o processo de ensino/aprendizagem, se utilizadas junto a uma teoria de aprendizagem. As simulações não devem ser utilizadas sozinhas, pois certas leis

Físicas, como a lei de Lenz do segundo roteiro, são mais complexas conceitualmente e se tornam mais difíceis de serem compreendidas, mesmo com simuladores computacionais.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. Â. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, 2004. ISSN 3.

BENNETT, S.; MATON, K.; KERVIN, L. The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence. **British Journal of Educational Technology**, 08 fevereiro 2008. 775-786.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L. **How people learn: Brain, Mind, Experience, and School**. [S.l.]: National Academic Press, 2000.

BRUSCATO, G. C.; MORS, P. M. Ensinando física através do radio amadorismo. **Revista brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 36, n. 1, Março 2014. ISSN 1506.

COUTINHO, C.; CHAVES, J. O estudo de caso na investigação em Tecnologia Educativa em Portugal. **Revista Portuguesa de Educação**, Universidade do Ninho, v. 1, n. 15, p. 221-244, 2002.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

ESQUEMBRE, F. Computers Physics Communications. **Computers in Physics Education**, v. 147, p. 13-18, agosto 2002.

GRECA, I. M.; MOREIRA, A. M. **Modelos mentais e modelos físicos no ensino e na aprendizagem da Física**. VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis: [s.n.]. 1998.

GUISASOLA, J.; ALMUDÍ, J. M.; ZUBIMENDI, J. L. Dificultades de Aprendizaje de los Estudiantes Universitarios em La Teoría del Campo Magnético y Elecction de Los Objetivos de Enseñanza. **Enseñanza de las ciencias**, Vasco, p. 79 94, 2003.

LUDTKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACEDO, S. D. H. et al. Objeto de aprendizagem usando realidade aumentada para apoio ao ensino da interação dos campos magneticos entre dois ímãs. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMATICA NA EDUCAÇÃO, 2011, Aracaju. **Anais Aracaju**, 2011, p. 486-495

MALONEY, D. P. et al. Surveying student's conceptual knowledge of electricity and magnetism. **Physics education research**, v. 69, p. 12-23, Julho 2011. ISSN 7.

MARGARYAN, A.; LITTLEJOHN, A.; VOJT, G. Are digital natives a myth or reality? University students' use of digital. **Computers & Education**, UK, n. 56, p. 429-440, 2011.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D. Ensino de Física e novas tecnologias de informação e comunicação: Uma análise da produção recente. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - VIII ENPEC, 2012 Campinas. **Anais**. Campinas: 2012.

MASSONI, N. T. Ensino de laboratório em uma disciplina de Física Básica voltada para cursos de Engenharias: Análises e perspectivas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 31, n. 2, p. 258-288, Outubro 2014.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. D. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, p. 77-87, Junho 2002. ISSN 2.

MERRIAM, S. **Case study research in education: A qualitative approach**. San Francisco CA: Jossey-Bass, 1988.

MONTEIRO, M. A. A. et al. As atividades de demonstração e a teoria de Vigotsky: Um motor elétrico de fácil construção e baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 371-384, março 2010.

MOORE, D. S.; NOTZ, W. I.; FLIGNER, M. A. **A Estatística Básica e Sua Prática**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 2014.

MORAIS, N. S. et al. Uma revisão de literatura sobre o uso das Tecnologias da Comunicação no Ensino Superior. **Prisma.com**, p. 162-185, 2014. ISSN 24.

MORAIS, N. S.; BATISTA, J.; RAMOS, F. Caracterização das actividades de aprendizagem promovidas através das Tecnologias da Comunicação no Ensino Superior Público Português. **Tecnologias da Informação e Comunicação**, Aveiro, p. 7-18, 2011.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e prospectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, p. 94-99, março 2000. ISSN 1.

MOREIRA, M. A.; PINTO, A. D. O. Dificuldades dos Alunos na Aprendizagem da Lei de Ampère, à Luz da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 317 - 325, Setembro 2003.

OLIVEIRA, R. S. D.; CARISSIMI, A. D. S.; TOSCANI, S. S. Sistemas Operacionais. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. VIII, p. 1-33, 2001.

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: Conteúdo metodologia e epistemologia numa concepção Integradora**. Florianópolis: UFSC, 2001.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants**. NCB: University Press, v. 9, 2001.

RAMOS, A. D. F.; NETO, A. S. D. A. Como são internalizadas as competências adquiridas quando um aluno utiliza computadores? Um exemplo de mediação cognitiva em rede durante a utilização de software de modelagem molecular. In:

ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - IX ENPEC, 2013, Aguas de Lindóia, **Anais**, Aguas de Lindóia, 2013.

RAUPP, D. et al. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: Um estudo de caso baseado na teoria da mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, p. 18-34, 2010.

REIS, M. A. F.; NETO, A. S. D. A. O uso de Simulações computacionais no ensino de Colisões Mecânicas, Canoas, 2004. 126.

ROCHA, J. R.; ANDRADE, A. Um estudo de caso exploratório sobre a internalização de conceitos sobre Eletrostática: A influência da Hiper cultura e Mediação Digital. **Novas tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 11, Dezembro 2013. ISSN 3.

RODRIGUES, C.; SAUERWEIN, I. P. S.; SAUERWEIN, R. A. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Medio via estudo do GPS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Santa Maria, v. 36, n. 1, Julho 2014. ISSN 1401.

RODRÍGUEZ, G. J. B. O Porque de Estudarmos os Materiais Magnéticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, p. 315-320, Dezembro 1998. ISSN 4.

ROJAS, A.; RITTO, A. C. D. A.; BARBOSA, A. C. C. O Software livre para o ensino da matemática em instituições de ensino superior - Uma tecnologia social. **Cadernos do IME: Série Informática**, v. 25, p. 15-26, Julho 2008.

SANTAROSA, L. M. C.; CONFORTO, D.; BASSO, L. D. O. Ferramentas de autoria e de colaboração: Discutindo a acessibilidade e a usabilidade na perspectiva da Web. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v. 21, p. 122-132, 2013.

SILVA, C. E.; SANTIAGO A. J.; MACHADO A. F.; ASSIS A. S.; **Eletromagnetismo: Fundamentos e simulações**. São Paulo, SP. Pearson. 2014

SILVEIRA, M. M. et al. Centro de competência em software livre como ferramenta de apoio ao ensino, extensão e pesquisa no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. **IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN**, p. 968-977, 2013.

SILVEIRA, S. A. D. Inclusão digital, software livre e globalização contra-hegemônica. **Seminários temáticos para a 3ª Conferência Nacional de C, T & I**, p. 421-446, junho 2005. ISSN 20.

SOUZA, B. C. D. **A Teoria da Mediação Cognitiva. Os impactos cognitivos da Hiper cultura e da Mediação Digital**. Recife: [s.n.], 2004.

SOUZA, B. C. D. A Teoria da Mediação Cognitiva. In: MOREIRA, L.; SPINILLO, A. **Psicologia Cognitiva**. Pernambuco: UFPE, 2006.

SOUZA, B. C. D. et al. Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, Quebec, 2012.

SPRATT, C.; WALKER, R.; ROBINSON, B. **Mixed research methods**. [S.l.]: [s.n.], 2004.

STERNBERG, R. J. **Beyond IQ: A Triarchic Theory of Intelligence**. Cambridge: Cambridge Press, 1985.

TAO, P. K.; GUNSTONE, R. F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer. **International Journal of Science Education**, 21, 1999.

TAVARES, A. A. **Eletricidade Magnetismo e Consequências**. I. ed. Pelotas: Universitária, 2011.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, p. 225-257, Agosto 2014.

VYGOTSKY, L. S. **A formação Social da Mente**. São Paulo: Marins Fontes Editora LTDA, 1984.

WIEMAN, C.; PERKINS, K. Transforming Physics Education. **American Institute of Physics**, p. 36-41, Novembro 2005.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração visual em uma aula teórica de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, p. 215-225, Junho 2001. ISSN 2.





YIN, R. **Case study research: Design and methods**. Newbury Park: Sage, 1989.

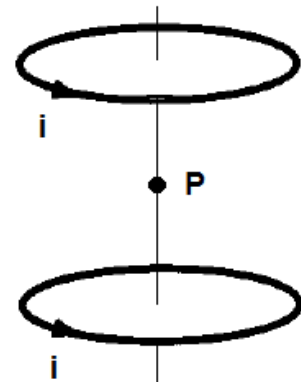
YIN, R. **Case Study Research: Design and Methods**. 2. ed. CA: Sage Publications, 1994.

APÊNDICES
APÊNDICE A

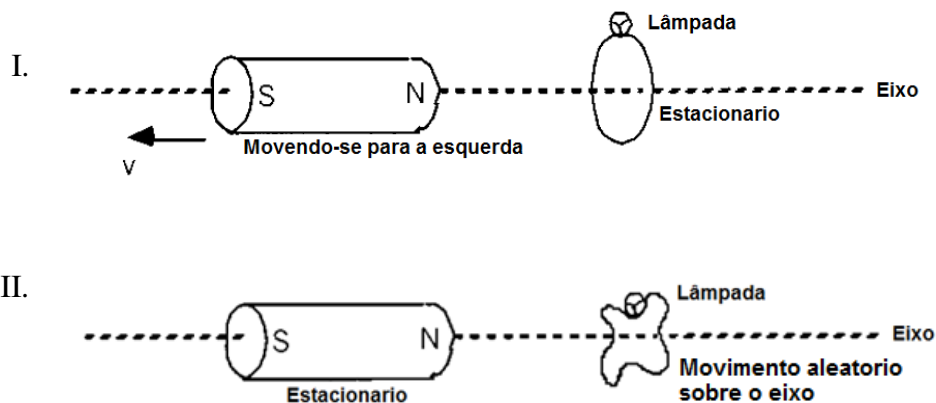
Nome: _____ Curso: _____ Data: __/__/2014

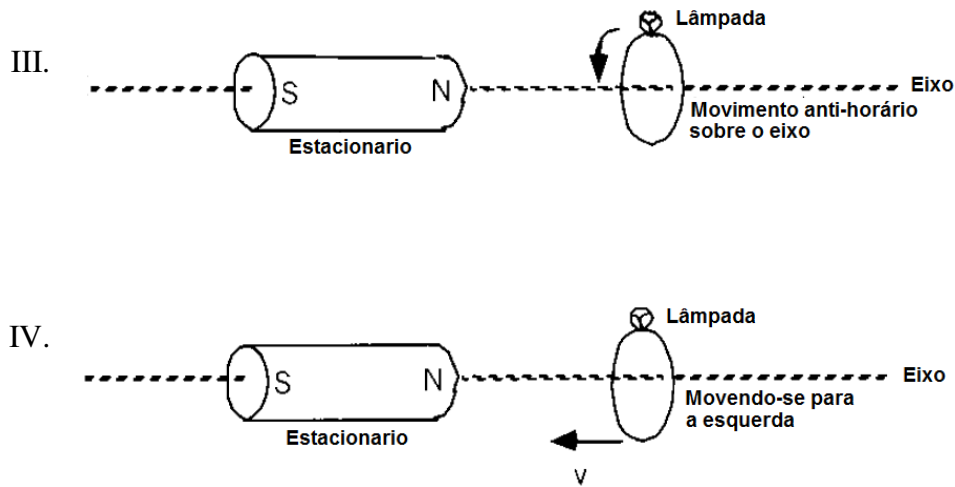
1. Duas voltas idênticas de fio de possuem correntes idênticas i . Os laços estão localizados como mostrado na imagem abaixo. Qual alternativa representa melhor a direção do campo magnético no ponto P (que é no meio das alças)?

- a) 
 b) 
 c) 
 d) 
 e) **Zero**



2. As cinco figuras separadas abaixo contem um ímã cilíndrico e uma pequena lâmpada que está ligada as extremidades de um laço de fio de cobre. O plano da espira é perpendicular ao eixo de referência. Os estados de movimento do ímã e da espira de fio de cobre são indicados nas figuras. A velocidade será representada por v .

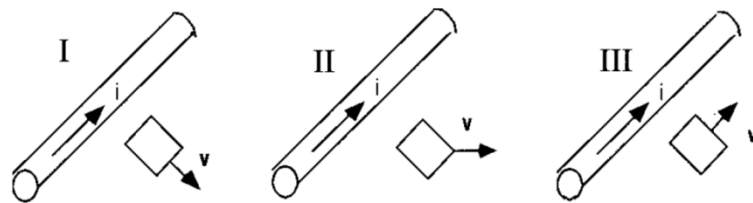




Em qual das figuras acima a lâmpada brilhará?

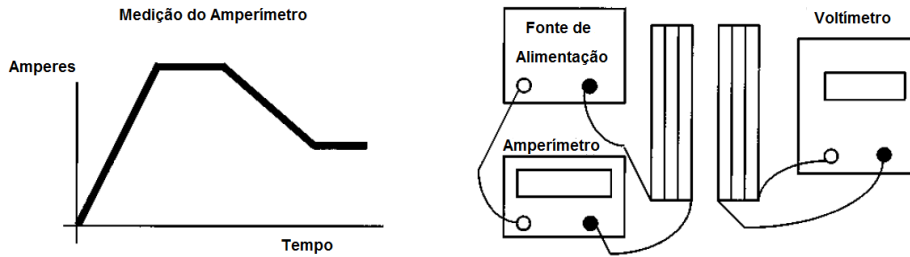
- a) I, II, III b) I, IV c) I, II, IV d) IV e) Nenhuma

3. Um fio reto muito longo carrega uma corrente i constante. Alças metálicas retangulares, no mesmo plano que o arame, movem-se com velocidade v nas direções indicadas. Qual circuito terá uma corrente induzida?

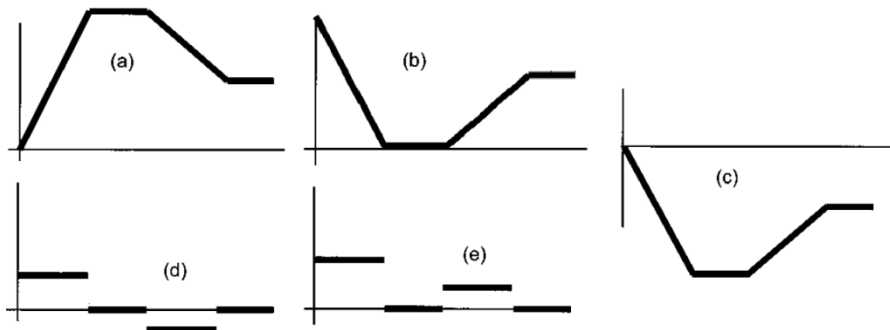


- a) Somente o I e o II
 b) Somente o I e o III
 c) Somente o II e o III
 d) Todos
 e) Nenhum

4. Uma fonte de alimentação variável está ligado a uma bobina e um amperímetro, e a dependência do tempo da leitura do amperímetro é mostrado. Uma bobina próxima está ligada a um voltímetro.



Qual dos seguintes gráficos mostra corretamente a leitura do voltímetro em função do tempo?

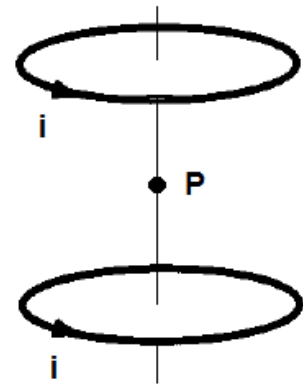


APÊNDICE B

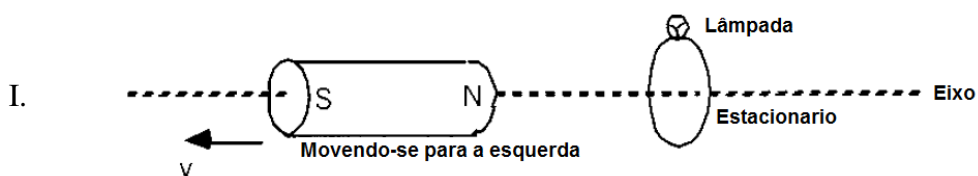
Nome: _____ Curso: _____ Data: __/__/2014

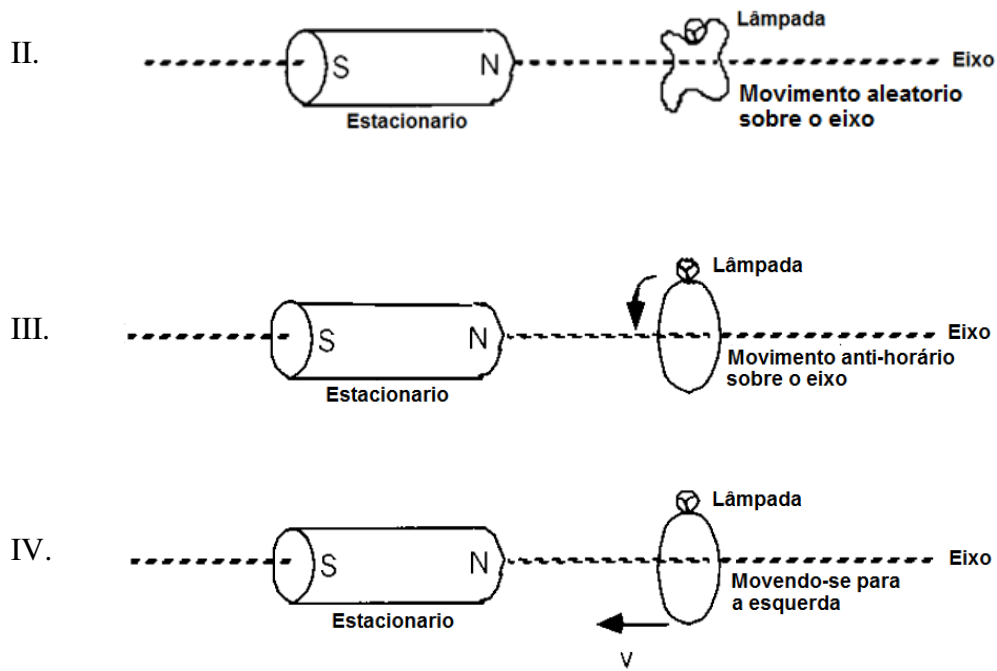
- O que tu entendes por indução eletromagnética?
- Duas voltas idênticas de fio de possuem correntes idênticas i . Os laços estão localizados como mostrado na imagem abaixo. Qual alternativa representa melhor a direção do campo magnético no ponto P (que é no meio das alças)?

- ↓
-
- ↑
- ←
- Zero**



- As cinco figuras separadas abaixo contem um ímã cilíndrico e uma pequena lâmpada que está ligada as extremidades de um laço de fio de cobre. O plano da espira é perpendicular ao eixo de referência. Os estados de movimento do ímã e da espira de fio de cobre são indicados nas figuras. A velocidade será representada por v .

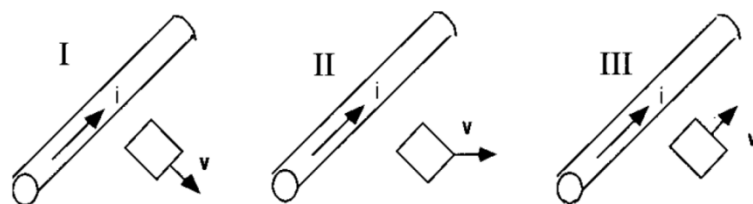




Em qual das figuras acima a lâmpada brilhará?

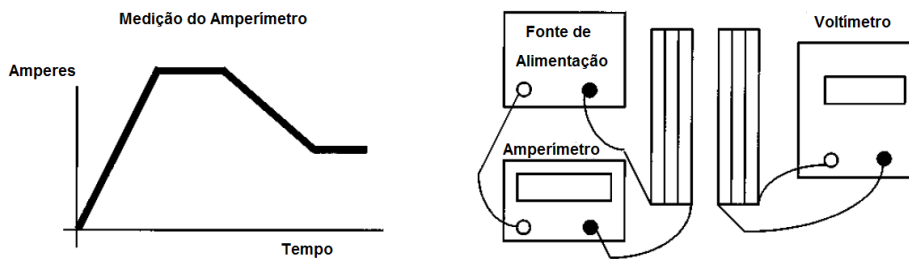
- a) I, II, III b) I, IV c) I, II, IV d) IV e) Nenhuma

4. Um fio reto muito longo carrega uma corrente i constante. Alças metálicas retangulares, no mesmo plano que o arame, movem-se com velocidade v nas direções indicadas. Qual circuito terá uma corrente induzida?

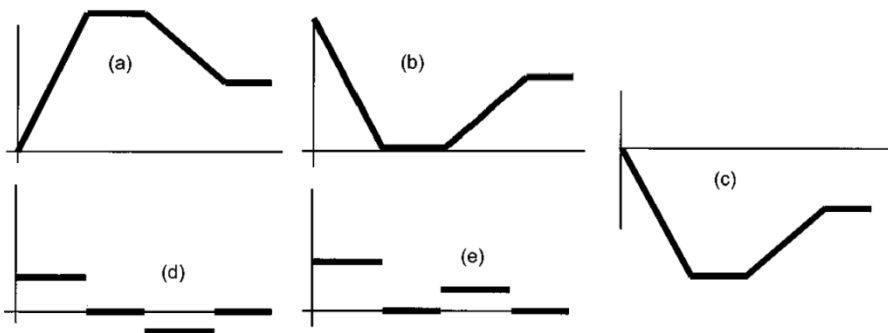


- a) Somente o I e o II
- b) Somente o I e o III
- c) Somente o II e o III
- d) Todos
- e) Nenhum

5. Uma fonte de alimentação variável está ligado a uma bobina e um amperímetro, e a dependência do tempo da leitura do amperímetro é mostrado. Uma bobina próxima está ligada a um voltímetro.



Qual dos seguintes gráficos mostra corretamente a leitura do voltímetro em função do tempo?



6. Escreva como se estivesse explicando para um colega, o que é indução eletromagnética. Utilize desenhos, gráficos, equações, tudo o que achar necessário.

APÊNDICE C

Nome: _____ Curso: _____ Data: __/__/2014

EXPERIMENTO 1: QUEDA DE UM ÍMÃ¹

Queda de um ímã sobre um anel não magnético.

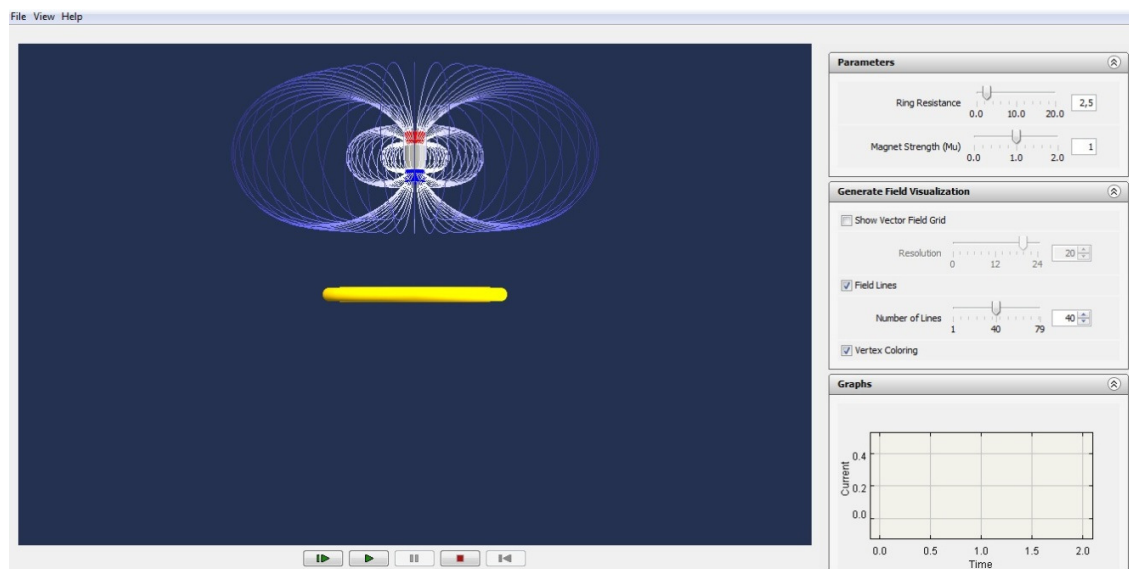
1. INSTRUÇÕES

Neste primeiro experimento, iremos simular uma situação que envolve a queda de um ímã sobre um anel constituído de material não magnético, para analisar as variações do movimento do ímã em relação ao anel. Siga os passos abaixo e boa atividade.

Início:

Procure na área de trabalho (desktop), o arquivo *fallingmagnet.jnlp*. Com o botão esquerdo do mouse dê dois cliques para abrir o programa. Este programa possui a tecnologia *javawebstart*, a qual permite rodar um aplicativo no computador sem a necessidade de instalá-lo. Por isso quando o java mostrar uma janela de advertência bloqueando este aplicativo, por ele ter sido feito por um editor desconhecido, clique em “*Eu aceito o risco e desejo executar esta aplicação*”, e o Java irá abri-lo normalmente, essa janela poderá aparecer mais de uma vez.

Logo irá aparecer a tela do programa, conforme a figura 1. Nela estão contidas as ferramentas que serão utilizadas durante está simulação.



Fig

Figura 1 – Tela do simulador “fallingmagnet” (Queda de um ímã).

¹ Simulador disponível em: OCW-MIT (Open Course Ware - Massachusetts Institute of Technology), <<http://ocw.mit.edu/ans7870/8/8.02T/f04/visualizations/faraday/14-fallingmagnetapp/14-fallingmagapp320.html>>. Acesso em 27 de março de 2014.

Na figura 2 observa-se o lado direito da tela do simulador, onde podemos ver alguns parâmetros que podem ser alterados ou mostrados no decorrer das simulações.

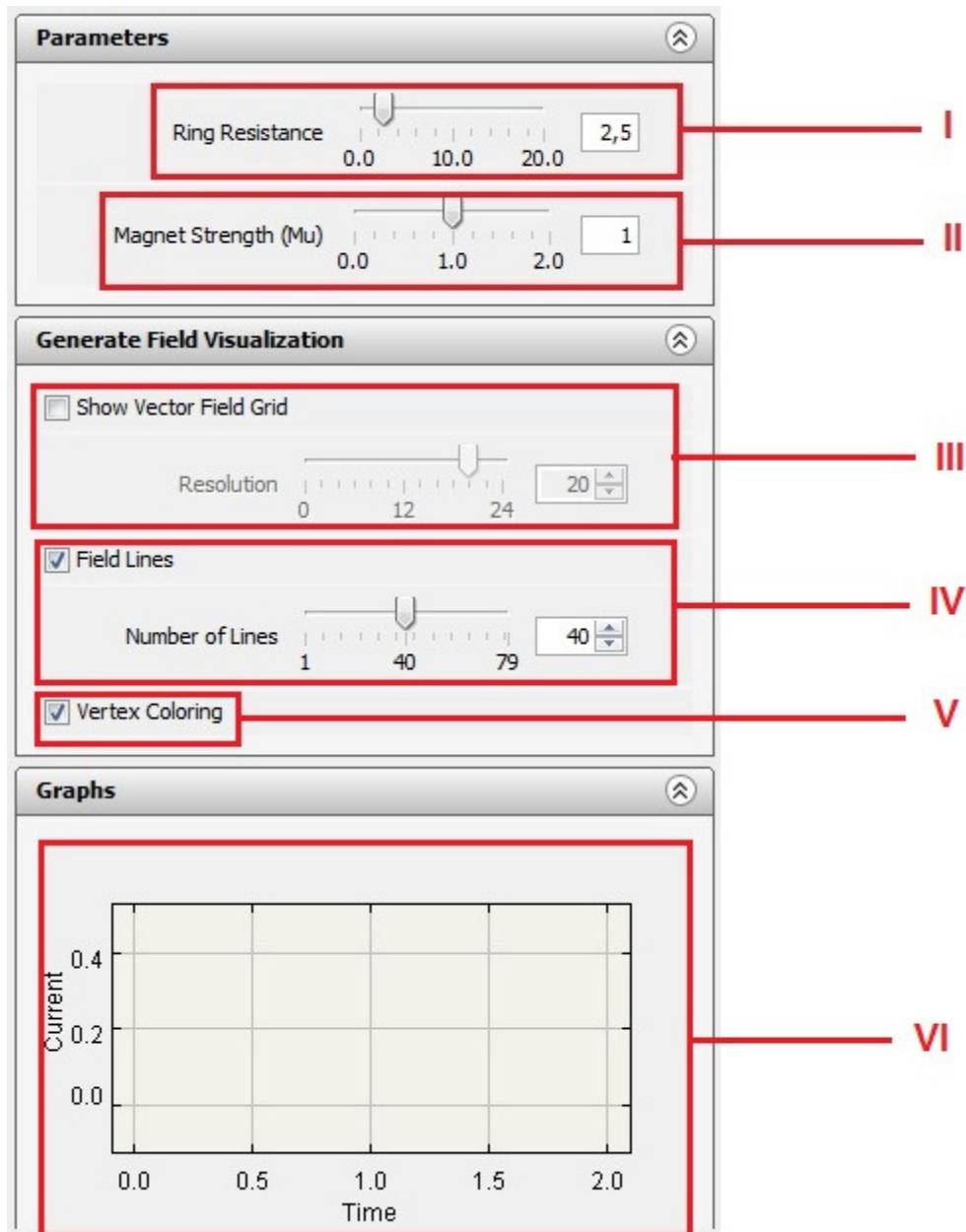


Figura 2 – Parâmetros do simulador.

O primeiro parâmetro (I) altera os valores de resistência do anel, já o segundo parâmetro (II) altera os valores da intensidade de campo do ímã. Os parâmetros III, IV e V são para gerar ou alterar as visualizações do campo magnético, onde o III mostra/altera os vetores do campo. Os únicos parâmetros a serem alterados serão o I e o II.

O IV mostra as linhas de campo e também pode alterar o número de linhas e o V altera a coloração das linhas de campo. Ainda o item VI mostra um gráfico da corrente no anel em função do tempo.

Abaixo da tela do simulador são mostradas as teclas “*Step simulation*”, “*Start simulation*”, “*Pause simulation*”, “*End simulation*”, “*Reset simulation*” que servem respectivamente para pular, começar, pausar, finalizar e parar a simulação.

2. ATIVIDADES

Cinco simulações diferentes serão feitas conforme abaixo descritas. Primeiro pede-se que você, tente prever o que irá ocorrer antes da simulação. Em seguida, você pode efetuar a simulação, observando o que acontece e registrando estes dois momentos. Finalmente, será comparado o que você esperava que fosse acontecer com o que foi simulado, tentando explicar diferenças entre o observado e o previsto, caso exista diferenças. Siga esta técnica, para aproveitar melhor o resultado do seu trabalho. Não tente simular o comportamento antes de ter refletido sobre o que irá acontecer e ter registrado neste guia a sua previsão.

Para responder os itens abaixo, utilize quaisquer fórmulas ou conceitos e se desejar e desenhe nos retângulos disponíveis a representação ou qualquer explicação, se assim achar necessário.

É preciso reiniciar o programa toda vez que uma simulação for iniciada, por isso ao término de cada simulação feche o programa, após reabra-o para a realização da próxima atividade.

É possível aproximar a visualização do gráfico que é gerado durante a simulação clicando e arrastando com o botão direito do mouse. Faça isso para poder anotar os valores dos gráficos.

2.1 PRIMEIRA ATIVIDADE

Altere os parâmetros do simulador colocando a intensidade de campo magnético do ímã (II) em 0% do seu valor.

ATENÇÃO! Antes de simular responda a questão abaixo.

Previsão:

O que você acha que irá acontecer no caso exposto pelo simulador durante a queda do ímã?

Justifique sua resposta.

Desenhe um gráfico da possível corrente no anel em função do tempo.



Simulação:

Agora simule a queda do ímã clicando em “*Start simulation*”, e quando o ímã estiver afastado do anel clique em “*Pause simulation*”, para verificar o gráfico.

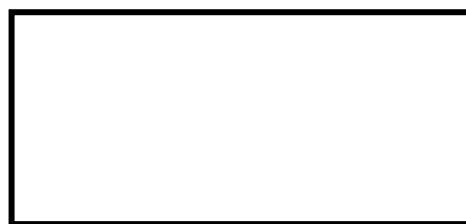
O que aconteceu com o valor da corrente no anel durante a queda do ímã?

Qual foram os valores de corrente e o tempo total desta segundo o gráfico?

Comparação:

O que você previu e o que aconteceu na simulação diferiram em algum momento? Por quê?

Compare seu gráfico com o gráfico gerado na simulação explicando as diferenças.

**2.2 SEGUNDA ATIVIDADE**

Inicie novamente o programa e altere os parâmetros do simulador colocando a resistência do anel (I), e a intensidade de campo magnético do ímã (II) em 50% do seu valor.

ATENÇÃO! Antes de simular responda a questão abaixo.

Previsão:

O que você acha que irá acontecer no caso exposto pelo simulador durante a queda do ímã?

Justifique sua resposta.

Desenhe um gráfico da possível corrente no anel em função do tempo.



Simulação:

Agora simule a queda do ímã clicando em “*Start simulation*”, e quando o ímã for se afastar do anel clique em “*Pause simulation*”, para verificar o gráfico.

O que aconteceu com o valor da corrente no anel durante a queda do ímã?

Qual foram os valores de corrente (máximo e mínimo) e o tempo desta corrente segundo o gráfico? Estes valores são diferentes da simulação anterior? Por quê?

Comparação:

O que você previu e o que aconteceu na simulação diferiram em algum momento? Por quê?

Compare seu gráfico com o gráfico gerado na simulação explicando as diferenças.

**2.3 TERCEIRA ATIVIDADE**

Inicie novamente o programa e altere os parâmetros do simulador colocando a resistência do anel (I) em 50%, e a intensidade de campo magnético do ímã (II) em 100% do seu valor.

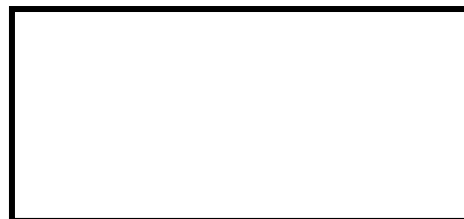
ATENÇÃO! Antes de simular responda a questão abaixo.

Previsão:

O que você acha que irá acontecer no caso exposto pelo simulador durante a queda do ímã?

Justifique sua resposta.

Desenhe um gráfico da possível corrente no anel em função do tempo.



Simulação:

Agora simule a queda do ímã clicando em “*Start simulation*”, e quando o ímã for se afastar do anel clique em “*Pause simulation*”, para verificar o gráfico.

O que aconteceu com o valor da corrente no anel durante a queda do ímã?

Qual foram os valores de corrente (máximo e mínimo) e o tempo desta corrente segundo o gráfico? Estes valores são diferentes das simulações anteriores? Por quê?

Comparação:

O que você previu e o que aconteceu na simulação diferiram em algum momento? Por quê?

Compare seu gráfico com o gráfico gerado na simulação explicando as diferenças.



2.4 QUARTA ATIVIDADE

Inicie novamente o programa e altere os parâmetros do simulador colocando a resistência do anel (I) para 100% e a intensidade de campo magnético do ímã (II) em 50% do seu valor.

ATENÇÃO! Antes de simular responda a questão abaixo.

Previsão:

O que você acha que irá acontecer no caso exposto pelo simulador durante a queda do ímã?

Justifique sua resposta.

Desenhe um gráfico da possível corrente no anel em função do tempo.



Simulação:

Agora simule a queda do ímã clicando em “*Start simulation*”, e quando o ímã for se afastar do anel clique em “*Pause simulation*”, para verificar o gráfico.

O que aconteceu com o valor da corrente no anel durante a queda do ímã?

Qual foram os valores de corrente (máximo e mínimo) e o tempo desta corrente segundo o gráfico? Estes valores são diferentes das simulações anteriores? Por quê?

Comparação:

O que você previu e o que aconteceu na simulação diferiram em algum momento? Por quê?

Compare seu gráfico com o gráfico gerado na simulação explicando as diferenças.



2.5 QUINTA ATIVIDADE

Inicie novamente o programa e altere os parâmetros do simulador colocando a resistência do anel (I) para 0% e a intensidade de campo magnético do ímã (II) em 100 %.

ATENÇÃO! Antes de simular responda a questão abaixo.

Previsão:

O que você acha que irá acontecer no caso exposto pelo simulador durante a queda do ímã?

Justifique sua resposta.

Desenhe um gráfico da possível corrente no anel em função do tempo.



Simulação:

Agora simule a queda do ímã clicando em “*Start simulation*”, e quando o ímã estiver afastado do anel clique em “*Pause simulation*”, para verificar o gráfico.

O que aconteceu com o valor da corrente no anel durante a queda do ímã?

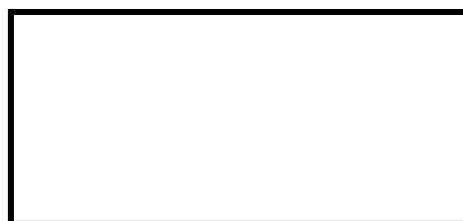
Qual foram os valores de corrente (máximo e mínimo) e o tempo desta corrente segundo o gráfico? Estes valores são diferentes das simulações anteriores? Por quê?

Porque o gráfico gerado é totalmente diferente das outras simulações?

Comparação:

O que você previu e o que aconteceu na simulação diferiram em algum momento? Por quê?

Compare seu gráfico com o gráfico gerado na simulação explicando as diferenças.



APÊNDICE D

Nome: _____ Curso: _____ Data: __/__/2014

EXPERIMENTO 2: LEI DE FARADAY¹

Movimento de um ímã com relação a um anel não magnético.

1. INSTRUÇÕES

Neste segundo experimento, iremos simular uma situação que envolve o movimento de um ímã sobre um anel constituído de material não magnético, analisando assim as variações do movimento do ímã em relação ao anel e vice-versa. Siga os passos abaixo e boa atividade.

Início:

Procure na área de trabalho (desktop), o arquivo *faradayslaw.jnlp*. Com o botão esquerdo do mouse dê dois cliques para abrir o programa. Este programa possui a tecnologia *javawebstart*, a qual permite rodar um aplicativo no computador sem a necessidade de instalá-lo. Por isso quando o java mostrar uma janela de advertência bloqueando este aplicativo, por ele ter sido feito por um editor desconhecido, clique em “*Eu aceito o risco e desejo executar esta aplicação*”, e o Java irá abri-lo normalmente, essa janela poderá aparecer mais de uma vez.

Logo irá aparecer a tela do programa, conforme a figura 1. Nela estão contidas as ferramentas que serão utilizadas durante está simulação.

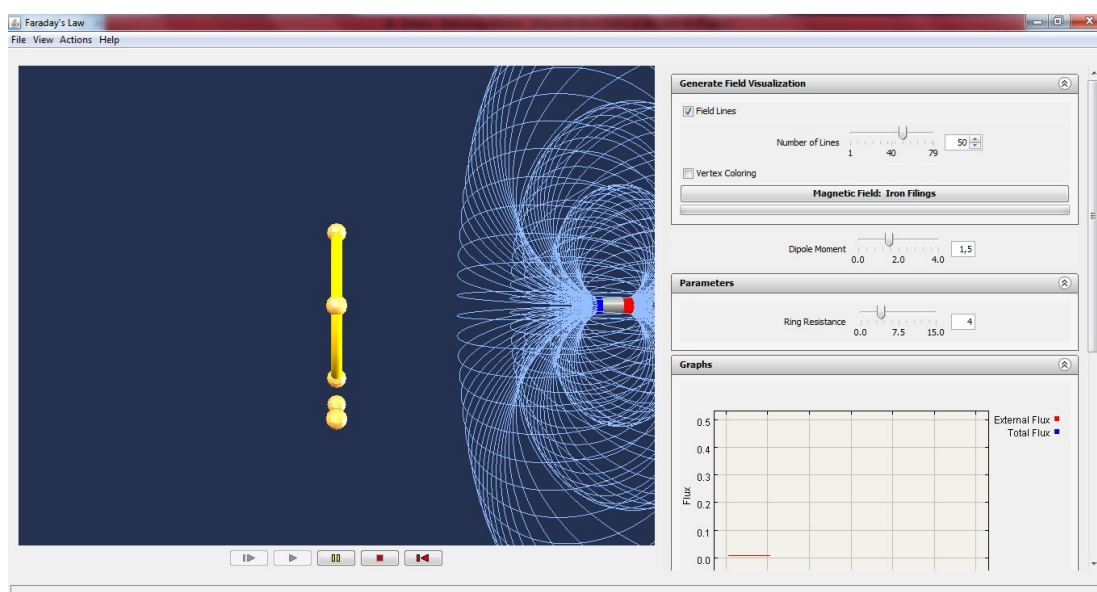


Figura 1 – Tela do simulador “faradayslaw” (Lei de Faraday).

¹ Simulador disponível em: OCW-MIT (Open Course Ware - Massachusetts Institute of Technology), <<http://ocw.mit.edu/ans7870/8/8.02T/f04/visualizations/faraday/12-faradayapp/12-faradayslaw320.html>> . Acesso em 12 de abril de 2014.

Na figura 2 observa-se o lado direito da tela do simulador, onde podemos ver alguns parâmetros que serão mostrados e/ou alterados ou no decorrer das simulações.

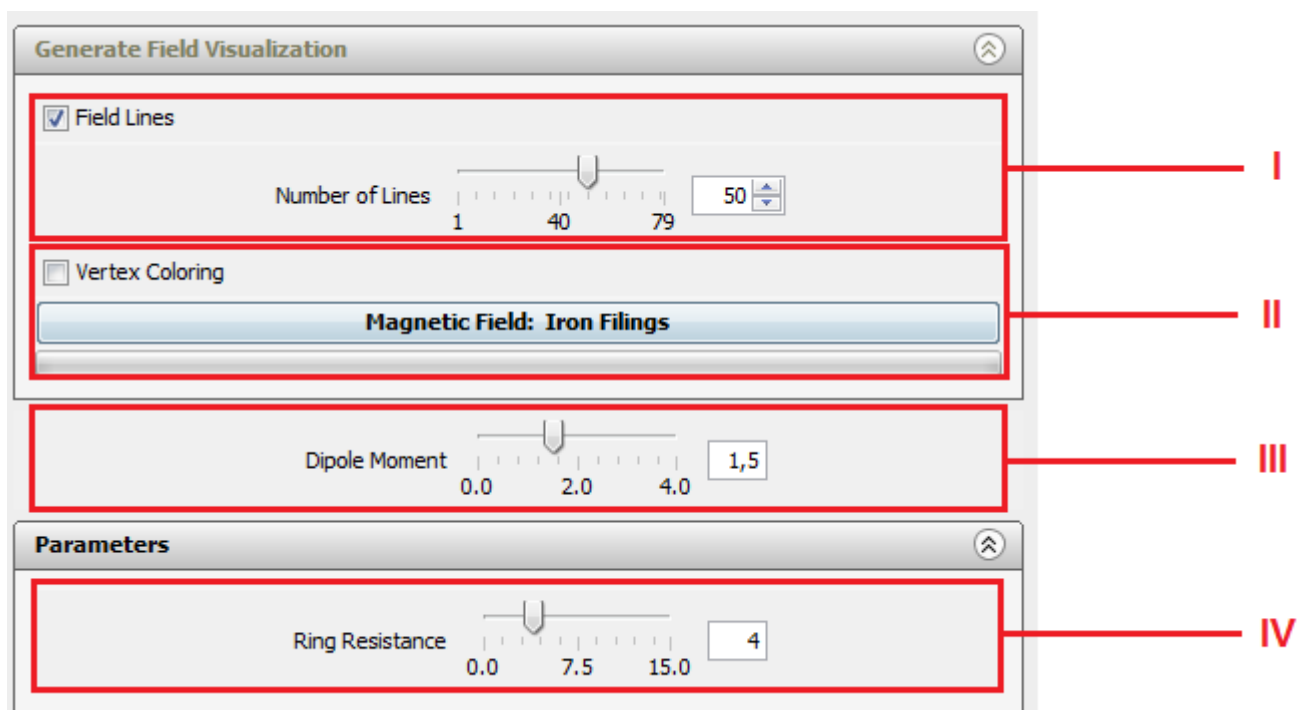


Figura 2 – Parâmetros do simulador.

O primeiro e o segundo parâmetro (I e II) alteram a visualização do campo. O parâmetro II não será alterado somente o I que altera os numero de linhas do campo magnético do ímã. Os parâmetros III altera o momento de dipolo magnético e o IV altera a resistência do anel.

Ao colocar a barra de rolagem para baixo podem ser vistos dois gráficos. O primeiro (Figura 3) indica o fluxo externo ao anel (linha vermelha) e o fluxo total nele (linha azul), os dois em função do tempo.

E o segundo gráfico (Figura 3) indica a corrente no anel também em função do tempo.

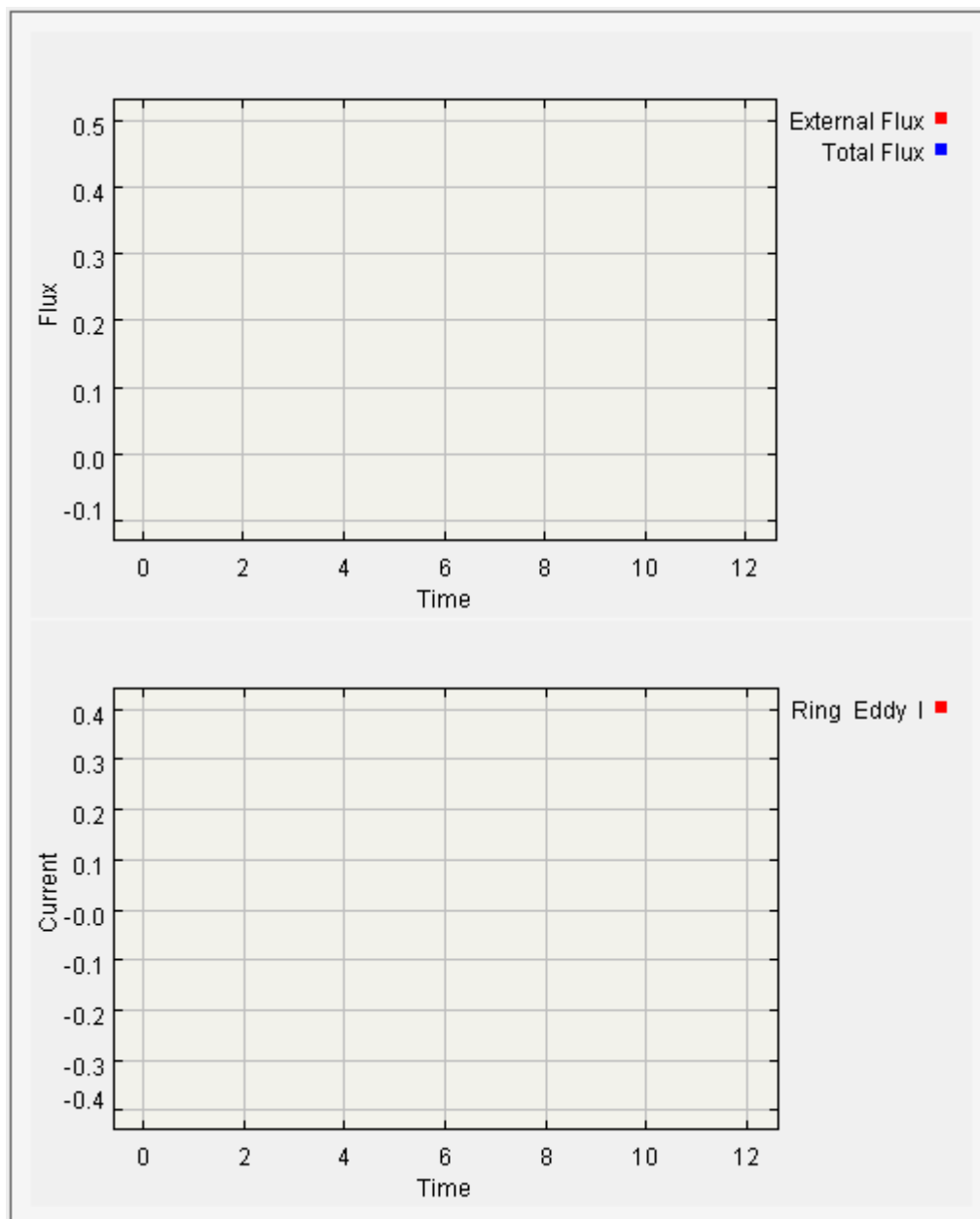


Figura 3 – Gráficos do Simulador.

Temos ainda abaixo dos gráficos a opção “*Show ring current*” que pode ser selecionada ou não. Esta opção mostra alguns elétrons no anel, mostrando um elétron mais sobressaliente que serve de referência para o movimento dos outros.

Ainda abaixo da tela do simulador são mostradas as teclas “*Step simulation*”, “*Start simulation*”, “*Pause simulation*”, “*End simulation*”, “*Reset simulation*” que servem respectivamente para pular, começar, pausar, finalizar e parar a simulação.

2. ATIVIDADES

Duas simulações diferentes serão feitas conforme abaixo descritas. Primeiro pede-se que você, tente prever o que irá ocorrer antes da simulação. Em seguida, você pode efetuar a simulação, observando o que acontece e registrando estes dois momentos. Finalmente, será comparado o que você esperava que fosse acontecer com o que foi simulado, tentando explicar diferenças entre o que foi observado e o que foi previsto, caso estas diferenças existam. Siga esta técnica para aproveitar melhor o resultado do seu trabalho. Não tente simular o comportamento antes de ter refletido sobre o que irá acontecer e ter registrado neste guia a sua previsão.

Para responder os itens abaixo, utilize quaisquer fórmulas ou conceitos e se desejar desenhe nos retângulos disponíveis a representação ou qualquer explicação, se assim achar necessário.

É preciso reiniciar o programa toda vez que uma simulação for iniciada, por isso ao término de cada simulação feche o programa, após reabra-o para a realização da próxima atividade.

É possível aproximar a visualização do gráfico que é gerado durante a simulação clicando e arrastando com o botão direito do mouse.

2.1 PRIMEIRA ATIVIDADE

Altere os parâmetros do simulador colocando o numero de linhas (I) em 50% de seu valor (40). Coloque o dipolo magnético (II) em 25% do seu valor (1), e a resistência do anel no menor valor possível DIFERENTE DE ZERO (0,16).

ATENÇÃO! Antes de simular responda a questão abaixo.

Previsão:

O que você acha que irá acontecer no caso exposto pelo simulador durante o movimento do ímã (aproximar e afastar-se do centro do anel)? Justifique sua resposta.

Desenhe um gráfico da possível corrente no anel em função do tempo.



Simulação:

Agora clique em “*action*” (canto superior esquerdo) e depois em “*generator mode*”. Este ponto fará com que o simulador realize as simulações em modo automático, aproximando e afastando o ímã do anel com uma frequência fixa. Se necessário clique em “*Start simulation*” para iniciar a simulação.

O que aconteceu com o fluxo no anel durante o movimento do ímã?

O gráfico gerado do fluxo total foi diferente do gráfico do fluxo externo? Por quê?

Comparação:

O que você previu e o que aconteceu na simulação diferiram em algum momento? Por quê?

Compare seu gráfico com o gráfico gerado na simulação explicando as diferenças.

**2.6 SEGUNDA ATIVIDADE**

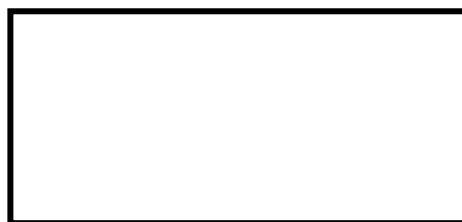
Altere os parâmetros do simulador colocando o numero de linhas (I) em 50% de seu valor (40). Coloque o dipolo magnético (II) em 25% do seu valor (1), e a resistência do anel no maior valor possível (15).

ATENÇÃO! Antes de simular responda a questão abaixo.

Previsão:

O que você acha que irá acontecer no caso exposto pelo simulador durante o movimento do ímã (aproximar e afastar-se do centro do anel)? Justifique sua resposta.

Desenhe um gráfico da possível corrente no anel em função do tempo.



Simulação:

Agora clique em “*action*” (canto superior esquerdo) e depois em “*generator mode*”. Este ponto fará com que o simulador realize as simulações em modo automático, aproximando e afastando o ímã do anel com uma frequência fixa. Se necessário clique em “*Start simulation*” para iniciar a simulação.

O que aconteceu com o fluxo no anel durante o movimento do ímã?

O gráfico gerado do fluxo total foi diferente do gráfico do fluxo externo? Por quê?

Comparação:

O que você previu e o que aconteceu na simulação diferiram em algum momento? Por quê?

Compare seu gráfico com o gráfico gerado na simulação explicando as diferenças.



APÊNDICE E

Este apêndice se refere à análise feita de maneira qualitativa, onde foram transcritas as entrevistas e as respostas dos estudantes a cada questão dos pré-testes e pós-testes e depois foi feita a quantização destas respostas dos alunos estudados segundo os níveis de compreensão propostos no item 2.5 desta dissertação.

Este arquivo, devido ao grande volume de páginas, foi disponibilizado de maneira digital na forma de um CD-ROM.